

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 12 月 20 日 (20.12.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/97266 A1

(51) 国際特許分類: H01L 21/20
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/04943
(22) 国際出願日: 2001 年 6 月 12 日 (12.06.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2000-175789 2000 年 6 月 12 日 (12.06.2000) JP
(71) 出願人: セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒163-0811 東京都新宿区西

新宿2丁目4番1号 Tokyo (JP). 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

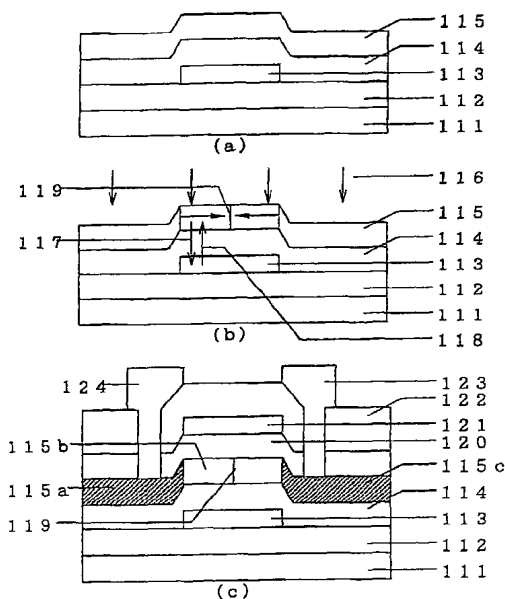
(72) 発明者: 次六寛明 (JIROKU, Hiroaki). 宮坂光敏 (MIYASAKA, Mitsutoshi); 〒392-8502 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 小川哲也 (OGAWA, Tetsuya). 時岡秀忠 (TOKIOKA, Hidetada); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士 志賀正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目23番3号 ORビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING THIN-FILM SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 薄膜半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A thin-film semiconductor device of high quality is manufactured at relatively low temperature. A local heating structure is provided, and active semiconductor film is formed thereafter. The active semiconductor film is irradiated with a pulsed laser beam so that it may melt and crystallize.

(57) 要約:

優良な薄膜半導体装置を比較的低温で製造することを目的とする。局所加熱機構を設けた後に活性半導体膜を形成し、活性半導体膜にパルスレーザー光を照射し溶融結晶化を進める。



WO 01/97266 A1



(81) 指定国 (国内): JP, KR.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

薄膜半導体装置の製造方法

5 技術分野

本発明は基板上に形成された結晶性半導体薄膜の品質を向上せしめ、且つ其の品質変動を最小にし得る技術に関する。取り分け此の技術を適応して、基板上に形成された結晶性半導体膜を半導体装置のチャンネル形成領域として活用している薄膜半導体装置の性能を著しく改善し、且つ半導体装置素子間の品質が均一と成り得る薄膜半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

多結晶硅素薄膜トランジスタ（ $p-Si$ TFT）に代表される薄膜半導体装置を汎用ガラス基板を使用し得る 600°C 程度以下の低温にて製造する場合、従来以下の如き製造方法が取られて居た。まず基板上に半導体膜と成る非晶質硅素膜を 50 nm 程度の厚みに低圧化学気相堆積法（LPCVD法）で堆積する。次に此の非晶質膜に XeCl エキシマレーザー（波長 308 nm ）を照射して多結晶硅素膜（ $p-Si$ 膜）とする。 XeCl エキシマレーザー光の非晶質硅素と多結晶硅素中での吸収係数は其々 0.139 nm^{-1} と 0.149 nm^{-1} と大きい為、半導体膜に入射したレーザー光の9割は表面から 15 nm 以内で吸収される。その後、ゲート絶縁膜と成る酸化硅素膜を化学気相堆積法（CVD法）や物理気相堆積法（PVD法）にて形成する。次にタンタル等でゲート電極を作成して、金属（ゲート電極）－酸化膜（ゲート絶縁膜）－半導体（多結晶硅素膜）から成る電界効果トランジスタ（MOS-FET）を構成させる。最後に層間絶縁膜を此等の膜上に堆積し、コンタクトホールを開孔した後に金属薄膜にて配線を施して、薄膜半導体装置が完成する。

しかしながら此等従来の薄膜半導体装置の製造方法では、エキシマレーザー光のエネルギー密度制御が困難で、僅かなエネルギー密度の変動に依っても半導体膜質が同一基板内に於いてすら大きなばらつきを示して居た。又、膜厚や水素含

有量に応じて定まる閾値よりも照射エネルギー密度が僅かに大きく成った丈でも半導体膜には激しい損傷が入り、半導体特性や製品歩留まりの著しい低下を招いて居た。斯うした事から基板内で均質な多結晶半導体膜を得るには、レーザー光のエネルギー密度を最適値よりも可成り低く設定する必要があり、それ故に良好な多結晶薄膜を得るにはエネルギー密度の不足が否めなかった。又、最適なエネルギー密度でレーザー照射を施しても、多結晶膜を構成する結晶粒を大きくする事が困難で、膜中に多くの欠陥を残留させているのが実状であった。斯くした事実

5 実に則し、従来の製造方法にて $p-Si$ TFT等の薄膜半導体装置を安定的に製造するには、完成した薄膜半導体装置の電気特性を犠牲にせざるを得ないとの課題を有して居た。

10

加えて従来の薄膜半導体装置の製造方法に於いては完成した薄膜半導体装置の電気特性が大きくばらつくとの課題も認められた。従来のエキシマレーザー光照射では最大 $1\mu m$ 程度の結晶粒が得られるものの、結晶粒及び結晶粒界の位置制御は不可能で有った。それ故に薄膜半導体装置のチャネル形成領域に結晶粒界が含まれるかどうかは確率的事象と化して居た。チャネル形成領域に結晶粒界が含まれるか否かにより半導体装置の特性は大きく変動する。チャネル形成領域に存在する結晶粒界の数が多ければ半導体装置の電気特性は悪くなり、チャネル形成領域に存在する結晶粒界の数が少なければ半導体装置の電気特性は比較的良くなるからである。

15

そこで本発明は上述の諸事情を鑑み、その目的とする所はチャネル形成領域に於ける結晶粒界の位置を制御し、以て窮めて優良なる薄膜半導体装置をばらつき無く安定的に製造する方法を提供する事に有る。

20

発明の開示

本発明の概要を説明した後、本発明の基礎原理と実施の形態とを詳細に説明する。

25

本発明の概要

本発明は基板上に形成された半導体膜を半導体装置の活性領域（半導体装

置活性領域)として用いて居る薄膜半導体装置の製造方法に関する。半導体装置の活性領域とは電界効果トランジスタならばチャンネル形成領域と、チャンネル形成領域とソース領域との接合領域、及びチャンネル形成領域とドレイン領域との接合領域の三領域を示す。又、バイポーラトランジスタならばベース領域と、エミッター・ベース接合領域、コレクター・ベース接合領域の三領域を示す。本発明は後に半導体装置活性領域と化す半導体膜(活性半導体膜)部位を局所的に加熱する局所加熱機構を基板上に設ける加熱機構形成工程と、此の加熱機構形成工程後に活性半導体膜を形成する活性半導体膜形成工程と、局所加熱機構に依り活性半導体膜が局所的に過熱された状態にて活性半導体膜を熔融結晶化させる結晶化工程と、熔融結晶化された活性半導体膜を島状に加工して半導体装置活性領域を形成する素子分離工程とを構成要件とする。

本発明は上述の構成要件に基づき、完成した半導体装置活性領域の長さを L (μm)とした時に、局所加熱機構形成工程又は素子分離工程にて局所加熱機の長さ L_{HS} (μm)よりも半導体装置活性領域の長さ L (μm)を短く($L < L_{\text{HS}}$)する事を特徴と成す。又、この際に半導体装置活性領域が長さ方向に関して局所加熱機構に含まれる様に、活性半導体膜を加工する乃至は局所加熱機構を形成する。局所加熱機の長さ L_{HS} (μm)は $7\mu\text{m}$ 程度以下($L_{\text{HS}} < 7\mu\text{m}$)が好ましい。半導体装置活性領域の長さと局所加熱機構の長さに関しては、半導体装置活性領域の長さ L (μm)を局所加熱機の長さ L_{HS} (μm)の半分程度以下($L < L_{\text{HS}}/2$)となる様に活性半導体膜又は局所加熱機構を加工形成し、更に半導体装置活性領域が長さを方向に関して局所加熱機構に完全に含まれ、且つ局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍を含めぬ様に活性半導体膜を加工するのが理想的である。

又、本発明は上述の構成要件に基づき、完成した半導体装置活性領域の幅を W (μm)とした時に、加熱機構形成工程又は素子分離工程にて局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm)よりも半導体装置活性領域の幅 W (μm)を短く($W < W_{\text{HS}}$)する事を特徴と成す。局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm)よりも活性領域の幅 W (μm)が $6\mu\text{m}$ 程度以上短ければ($W < W_{\text{HS}} - 6\mu\text{m}$)更に好ましく、 $8\mu\text{m}$ ($W < W_{\text{H}}$

s-8 μm) 程度以上短かければ理想的である。活性半導体膜を加工する際には半導体装置活性領域が幅方向に関して局所加熱機構に含まれる様にする。その上で半導体装置活性領域の長さ方向の辺が局所加熱機構の長さ方向の辺より 3 μm 程度以上、より好ましくは 4 μm 程度以上内側に位置する様に活性半導体膜を加工する。

加熱機構形成工程としては、基板上に第一半導体膜を堆積する第一半導体膜堆積工程と、此の第一半導体膜を所定の形状に加工する第一半導体膜加工工程と、第一半導体膜上に下側絶縁膜を形成する下側絶縁膜形成工程とを含んだ工程が具体例として上げられる。第一半導体膜は硅素を主体とした半導体膜で、その厚みは 25 nm 程度以上 100 nm 程度以下が好ましく、理想的には 30 nm 程度以上 70 nm 程度以下である。下側絶縁膜の厚みは 130 nm 程度以上 180 nm 程度以下が望ましい。

活性半導体膜形成工程は非晶質半導体膜を堆積する非晶質半導体膜堆積工程を含み、更に此の非晶質半導体膜の結晶性を高める半導体膜改質工程をも含んで居ても良い。半導体膜改質工程は非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程や非晶質半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程から成る。或いは両者を組み合わせて、非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程と、此の固相成長した半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程との二者から成っても構わない。活性半導体膜は硅素を主体とした半導体膜で、その厚みは 30 nm 程度以上 70 nm 程度以下が好ましい。非晶質半導体膜の形成は化学気相堆積法 (CVD 法) に依る堆積工程を含んで居る。化学気相堆積法の中でも取り分け低压化学気相堆積法 (LPCVD 法) 乃至はプラズマ化学気相堆積法が非晶質半導体薄膜の堆積に適しており、更には高真空型低压化学気相堆積装置或いは高真空型プラズマ化学気相堆積装置にて非晶質半導体膜が堆積されるのが理想的と言える。高真空型低压化学気相堆積装置とは典型的には半導体膜堆積直前の背景真空度が $5 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ 以下と成って居り、非晶質半導体膜が 1.5 nm/min 程度以下との遅い堆積速度で形成されても、非晶質半導体膜中の酸素原子濃度を $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度以下となし得る成膜装置を指す。同様に高真空型プラズマ化学気相堆積装置とは典型的には半導体膜堆

積直前の背景真空度が 1×10^{-6} Torr 以下と成って居り、非晶質半導体膜の堆積速度が 1 nm/sec 程度以下で有っても、堆積された非晶質半導体膜中の酸素原子濃度を $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度以下となし得る成膜装置である。固相成長工程は非晶質半導体膜が形成された基板を熱処理炉に挿入して、略熱平衡状態にて行われるか、或いは急速熱処理装置にて行われる。熱処理炉にて行われる場合、熱処理温度は 400°C 程度以上 700°C 程度以下の処理温度にて固相結晶化が進められる。溶融結晶性改善工程は半導体膜にキセノン塩素 (XeCl) エキシマレーザー ($\lambda = 308 \text{ nm}$) やクリプトンフッ素 (KrF) エキシマレーザー ($\lambda = 248 \text{ nm}$) と云ったレーザー光を照射して行われる。

結晶化工程では活性半導体膜側から、温度 300 K に於ける多結晶硅素膜での吸収係数が $2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-1} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下である光を照射して、活性半導体膜の溶融結晶化を進める。結晶化工程に理想的な光の多結晶硅素膜での吸収係数は $1 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下である。本発明が効果的に機能するには、活性半導体膜の厚みを $x \text{ (nm)}$ とし、結晶化工程にて照射される光の多結晶硅素膜での吸収係数を $\mu_{p-si} \text{ (nm}^{-1}\text{)}$ とした時に、活性半導体膜の厚み $x \text{ (nm)}$ と照射光の吸収係数 $\mu_{p-si} \text{ (nm}^{-1}\text{)}$ と積が

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 1.609$$

との関係を満たす事である。此の積のより好ましい値は

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.693$$

であり、理想的には

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.405$$

となる。

結晶化工程にて照射される光はレーザー光が好ましく、パルスレーザー光が更に望ましい。パルスレーザー光としてはQスイッチ発振する固体レーザーの高調波が適している。斯うした光の波長は 370 nm 程度以上 710 nm 程度以下であり、より好ましくは 450 nm 程度以上 650 nm 程度以下である。本発明に理想的なパルスレーザー光波長は約 532 nm である。パルスレーザー光はQスイッチ発振する固体レーザー (Qスイッチ固体レーザー) の高調波が好ましい。

Qスイッチ固体レーザーのレーザー媒体としてはNdイオンをドープされた結晶やYbイオンをドープされた結晶、Ndイオンをドープされたガラス、Ybイオンをドープされたガラスなどが好ましい。従って具体的にはQスイッチ発振するNd:YAGレーザー光の第二高調波（波長532nm）（YAG2 ω と略称する）やQスイッチ発振するNd:YVO₄レーザー光の第二高調波（波長532nm）、Qスイッチ発振するNd:YLFレーザー光の第二高調波（波長524nm）、Qスイッチ発振するYb:YAGレーザー光の第二高調波（波長515nm）等をパルスレーザー光として使用するのが最も優れて居る。

結晶化工程でパルスレーザー光を活性半導体膜に照射する際の、活性半導体膜上での照射領域は幅が W_L (μm) で長さが L_L (mm) の線状乃至は略長方形形状で有る。照射領域の幅方向は局所加熱機構の長さ方向にほぼ一致し、照射領域の長さ方向は局所加熱機構の幅方向にほぼ一致するのが好ましい。局所加熱機構の長さ方向と半導体装置活性領域の長さ方向とは一致し、局所加熱機構の幅方向と半導体装置活性領域の幅方向とが一致しているので、照射領域の幅方向は半導体装置活性領域の長さ方向にほぼ一致し、照射領域の長さ方向は半導体装置活性領域の幅方向にほぼ一致する。照射領域内ではパルスレーザー光の照射エネルギー密度は長さ方向に略台形状に分布して居る。一方、幅方向の照射エネルギー密度は略台形状乃至は略ガウス関数的に分布して居るのが好ましい。照射領域の長さ L_L に対する幅 W_L の比 (L_L/W_L) は100以上で有る事が好ましく、理想的には1000以上と云える。パルスレーザー光の幅方向に於ける照射エネルギー密度の最大勾配値は $3\text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 以上有るのが望ましい。此のパルスレーザー光の幅方向に於ける照射エネルギー密度勾配の最大値を取る位置と、パルスレーザー光の幅方向に於ける照射エネルギー密度の最大値を取る位置とが略一致して居れば、優良なる薄膜半導体装置を製造する上で更に好ましい。照射領域の幅 W_L は少なくとも局所加熱機構の長さ L_{HS} よりも大きく、照射領域の長さ L_L は局所加熱機構の幅 W_{HS} よりも大きくなくては成らない。パルスレーザー光は活性半導体膜上で照射領域を各照射毎に照射領域の幅方向にずらして行き、基板全面の照射を完了させる。パルスレーザー光照射時に於ける照射領域の幅方向は、薄膜半導体装置が完成して動作する際の活性領域内に於ける電流方向と略並

行となって居る。レーザー照射時には活性半導体膜上の任意の一点が1回以上40回程度以下のパルスレーザー光照射を被る様に光を照射する。パルスレーザー光の活性半導体膜上に於ける照射エネルギー密度は活性半導体膜の厚み方向の半分程度以上を溶融させる強度であり、より好ましくは3分の2程度以上を溶融させる強度と言える。反対に照射エネルギー密度の上限は局所加熱機構上に位置する活性半導体膜の一部を消失させる強度で有る。理想的には局所加熱機構上の活性半導体膜を厚み方向で略完全に溶融させ、且つその他の活性半導体膜を厚み方向で完全に溶融させない強度と言える。具体的にパルスレーザー光として波長が約532nmの光を使用した場合、パルスレーザー光の活性半導体膜上に於ける照射エネルギー強度は350mJ・cm⁻²程度以上950mJ・cm⁻²程度以下、好ましくは450mJ・cm⁻²程度以上950mJ・cm⁻²程度以下、或いは350mJ・cm⁻²程度以上625mJ・cm⁻²程度以下、理想的には450mJ・cm⁻²程度以上625mJ・cm⁻²程度以下である。

本発明を液晶表示装置等に適応するには、基板が可視光に対して透明で有る事が望まれる。又、応用の如何を問わず基板はパルスレーザー光に対して略透明である事が望まれる。略透明で有るとはパルスレーザー光の基板に於ける吸収係数が多結晶硅素に於ける吸収係数の百分の一程度以下で有る事を意味し、具体的には基板に於ける吸収係数 μ_{sub} が 10^{-5} nm⁻¹程度以下で有る。

20 本発明の基礎原理

本発明は、後に半導体装置活性領域と化す活性半導体膜部位を局所加熱機構にて局所的に過熱した状態にて溶融結晶化させる事で此の部位に結晶を選択的に横成長させ（図1）、横成長して出来上がった結晶粒を半導体装置活性領域として使用する物である（図2）。結晶粒の位置が自在に制御可能で有るが故、応じて結晶粒界の位置制御も可能と化し、以て半導体装置活性領域内にて結晶粒界が制御される（図3）。本願発明に依ると半導体装置活性領域内で電流を横切る結晶粒界個数を常に一つにする事が出来（図3）、更に本発明の最善な方法では半導体装置活性領域内にて電流を横切る結晶粒界を消滅させることすら実現する（図4）。斯うして薄膜半導体装置の電気特性を著しく改善し、同時に基板上に形成

された総ての薄膜半導体装置の電気特性を略同一として、その品質変動を最小とし得るのである。

局所加熱機構の一例は基板上に島状に形成された第一半導体膜である。図 1 A に局所加熱機構と活性半導体膜との関係を断面図にて示す。又、図 1 B は其の平面図で、両図には結晶化工程後に得られる活性半導体膜の結晶粒界をも描いてある。第一半導体膜上に下側絶縁膜を介して活性半導体膜を形成した上で、活性半導体膜側より活性半導体膜を 20 % 程度以上透過するレーザー光を照射する。照射されたレーザー光にて活性半導体膜は熔融結晶化するが、その際に照射光の活性半導体膜透過率が比較的高い為に、照射光の一部は第一半導体膜にも到達する。斯うして第一半導体膜もレーザー光を吸収し、その温度を上げる。一方、第一半導体膜が存在しない箇所では透過光はその儘基板に抜けて行く。その結果、第一半導体膜上の活性半導体膜は、その部位のみが局所的に加熱され、その他の箇所よりも温度が上昇する。熔融結晶化過程では結晶粒は低温部から高温部に向かって成長する。活性半導体膜の中でその下に局所加熱機構を備えた部位のみがその周辺に比べて高温に成る為に、冷却固化時に於ける結晶粒は局所加熱機構の辺の僅かに外側上の活性半導体膜部位から局所加熱機構の中心上の活性半導体膜部位に向かって成長する。局所加熱機構に依って形成された温度差が熔融半導体膜の冷却固化時に結晶の横成長を生じせしめるのである。斯うして活性半導体膜は結晶粒が所望の位置（すなわち後に半導体活性領域となる部位）に制御成長され、その後活性半導体膜を所定の形状に加工して素子分離を図る（図 2 A 断面図、図 2 B 平面図）。この際に半導体装置活性領域の幅 W を局所加熱機構の幅 W_{HS} よりも短くして、半導体装置活性領域が幅方向に関して完全に局所加熱機構内に包含される様に半導体装置活性領域を形成する。斯うした状態にてゲート電極の長さ L を局所加熱機構の長さ L_{HS} と同じ若しくは其れよりも短くし、且つ半導体装置活性領域が長さ方向に関して局所加熱機構に包含される様に半導体装置活性領域を形成する（図 3 A 断面図、図 3 B 平面図）。斯うする事で半導体装置活性領域内に、電流を横切る方向の結晶粒界を常に一つとする事が実現するのである。結晶粒は局所加熱機構の辺の $1\mu\text{m}$ 程度外側から局所加熱機構の中心に向かって略一定の速度で成長するので、左右から成長した結晶粒同士は局所加熱機構の長

さ方向に関する中心付近にて衝突する。即ち、電流を横切る方向の結晶粒界は常に局所加熱機構の長さ方向に関する中心付近に形成される。従って、半導体装置活性領域の長さ L (μm) を局所加熱機の長さ L_{HS} (μm) の半分程度以下 ($L < L_{\text{HS}}/2$) となる様に活性半導体膜又は局所加熱機構を加工形成し、更に半導体装置活性領域が長さを方向に関して局所加熱機構に完全に含まれ、且つ局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍を含みぬ様に活性半導体膜を加工すれば、半導体装置活性領域内で電流を横切る結晶粒界を消滅させる事が可能となる（図 4 A 断面図、図 4 B 平面図）。

10 本発明の詳細な説明

本発明はガラスの歪点温度が 550°C 程度から 650°C 程度と云った低耐熱性ガラス基板、或いは石英基板と云った高耐熱性ガラス基板等の各種透明基板上に形成された結晶性の半導体膜を活性層として用いて居る薄膜半導体装置の製造方法に関わり、基板上に必要な応じて下地保護膜と成る酸化珪素膜を形成し、此の下地保護膜上乃至は基板上に後に半導体装置活性領域と化す半導体膜（活性半導体膜）部位を局所的に加熱する局所加熱機構を設け（加熱機構形成工程）、此の加熱機構形成工程後に活性半導体膜を形成する（活性半導体膜形成工程）。その上で局所加熱機構に依り活性半導体膜が局所的に過熱された状態にて活性半導体膜を熔融結晶化させ（結晶化工程）、半導体装置活性領域部位に結晶を選択的に成長させる。その後、熔融結晶化にて選択的に結晶成長している活性半導体膜を島状に加工して半導体装置活性領域を形成する（素子分離工程）。

本発明は上述の構成要件に基づき、まず基板上に局所加熱機構を形成する（加熱機構形成工程）。局所加熱機構は、一例として基板上に形成された島状の第一半導体膜と此を覆う下側絶縁膜とから成る。従って局所加熱機構形成工程の具体例としては、基板上に第一半導体膜を堆積する第一半導体膜堆積工程と、此の第一半導体膜を所定の形状に加工する第一半導体膜加工工程と、第一半導体膜上に下側絶縁膜を形成する下側絶縁膜形成工程とを含んだ工程が上げられる。第一半導体膜は珪素を主体とした半導体膜である。珪素を主体とした半導体膜とは珪素膜 (Si) や珪素ゲルマニウム膜 ($\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$: $0 < x < 1$) に代表される

半導体物質で、硅素をその主構成元素（硅素原子構成比が80%程度以上）として居る物質を指す。

第一半導体膜の役割は下側絶縁膜上に形成される活性半導体膜を局所的に加熱する事にある。加熱は活性半導体膜を透過して来た光を第一半導体膜が吸収して、
5 第一半導体膜自体の温度を上げる事を通じて達成される。従ってその厚みが25nm程度以上と厚い時にのみ、第一半導体膜に依る光吸収が顕著となり、それに
10 応じて第一半導体膜の温度が活性半導体膜を加熱するのに十分な程上昇する。斯くして第一半導体膜上に位置する活性半導体膜が第一半導体膜に依り局所的に加熱され、活性半導体膜に位置制御された結晶粒が横方向に成長する。反対に第一
15 半導体膜が厚すぎると、第一半導体膜の熱容量が増大し、矢張り第一半導体膜の温度は十分に上昇しない。第一半導体膜が活性半導体膜に位置制御された結晶粒の横成長を生じさせるのに十分な温度上昇を示すのは、その膜厚が100nm程度以下の時である。此の様に活性半導体膜での横成長距離は第一半導体膜の膜厚に強く依存する。出願人の実験に依ると、横成長した結晶粒が3.5 μm 程度と
20 最大になる理想的な第一半導体膜の厚みは30nm程度以上70nm程度以下であった。

本願発明に適した第一半導体膜の厚みは25nm程度以上100nm程度以下であり、トランジスタ特性を良好とする活性半導体膜の厚みも20nm程度以上
95nm程度以下である。結晶化工程にて照射される光の波長は370nm程度
20 から710nm程度であるので、局所加熱機構と活性半導体膜とを第一半導体膜
—下側絶縁膜—活性半導体膜の三層構造とすると、光の干渉と反射とで第一半導体膜に結晶化工程時に光が到達せず、故に活性半導体膜に横成長が生じないとの
事態が、下側絶縁膜の屈折率と膜厚に応じて生ずる。出願人等の光学シミュレーションや実験に依ると下側絶縁膜に酸化硅素膜を用いた時に、活性半導体膜で結
25 晶粒が最も横成長する下側絶縁膜の厚みは130nm程度以上180nm程度以下であった。

完成した半導体装置活性領域の長さを L (μm) とした時に、局所加熱機構形成工程又は素子分離工程にて局所加熱機の長さ L_{HS} (μm) よりも半導体装置活性領域の長さ L (μm) を同等 ($L \sim L_{\text{HS}}$) 若しくは短く ($L < L_{\text{HS}}$) する。又、

この際に半導体装置活性領域が長さ方向に関して局所加熱機構に含まれる様に予め局所加熱機構を形成しておくか、或いは半導体装置活性領域が長さ方向に関して局所加熱機構に含まれる様に活性半導体膜を加工する（図 3 A 断面図、図 3 B 平面図）。活性半導体膜内での結晶横成長は必ず局所加熱機構の外側 $1\ \mu\text{m}$ 程度の位置から始まる。従って上述の位置関係に局所加熱機構と半導体装置活性領域とを設定しておけば、半導体装置活性領域内で長さ方向（半導体装置が動作する際の電流方向）を横切る結晶粒界（電流を横切る結晶粒界）の数を常に中心付近に一個とし得る。更に、局所加熱機の長さ $L_{\text{HS}}\ (\mu\text{m})$ は $7\ \mu\text{m}$ 程度以下 ($L_{\text{HS}} < 7\ \mu\text{m}$) が好ましい。出願人等の実験に依ると結晶が横成長する最大距離は $3.5\ \mu\text{m}$ 程度で有る。従って結晶粒を局所加熱機構の外側の左右両側から横成長させて、局所加熱機構の長さ方向に於ける中心付近に電流を横切る結晶粒界を只一つだけ形成するには、局所加熱機構の長さが最大横成長距離の二倍以下で無ければならないからである。又、基板上に複数個形成される薄膜半導体装置が総て皆同一の特性を示す為には何れの薄膜半導体装置も活性領域内に只一つの結晶粒界を有して居る事が望ましい。結晶成長距離の変動を考慮すると、局所加熱機構の長さは $5\ \mu\text{m}$ 程度以下が適している。斯うする事で基板上に形成される総ての薄膜半導体装置が殆ど同じ特性を示す様になる。半導体装置活性領域の長さとして局所加熱機構の長さに関しては、半導体装置活性領域の長さ $L\ (\mu\text{m})$ を局所加熱機の長さ $L_{\text{HS}}\ (\mu\text{m})$ の半分程度以下 ($L < L_{\text{HS}}/2$) となる様に活性半導体膜又は局所加熱機構を加工形成し、更に半導体装置活性領域が長さを方向に関して局所加熱機構に完全に含まれ、且つ局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍を含まぬ様に活性半導体膜を加工するのが理想的である（図 4 A 断面図、図 4 B 平面図）。前述の如く電流を横切る結晶粒界は局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍に必ず形成される。従って、半導体装置活性領域を局所加熱機構内に完全に含ませ、且つ中心近傍を避ける様に形成するならば、活性領域内に結晶粒界を横切らぬ電流経路を必定複数個形成出来、それ故に薄膜半導体装置は単結晶硅素薄膜を用いた小さなシリコンーオンーインシュレーター（SOI）装置を複数個並列接続したと同等と化し、以て其の性能を飛躍的に向上せしめる。尚、局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍とは長さ方向の中心から左右に $0.25\ \mu\text{m}$ 程

度の広がりをもった領域で、中心付近に形成される長さ 0.5 μm 程度の領域である。

幅方向に関しては此処迄に詳述して来た構成要件に加えて、完成した半導体装置活性領域の幅を W (μm) とした時に、加熱機構形成工程にて局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm) よりも半導体装置活性領域の幅 W (μm) を短く ($W < W_{\text{HS}}$) なる様に予め局所加熱機構を形成しておくか、或いは素子分離工程にて局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm) よりも半導体装置活性領域の幅 W (μm) を短く ($W < W_{\text{HS}}$) なる様に半導体装置活性領域を形成し、しかも半導体装置活性領域が幅方向に関して局所加熱機構に完全に含まれる様にする (図 2 B 平面図)。図 1 B から分かる様に活性半導体膜での横成長は局所加熱機構の長さ方向の辺からも発生する。斯様に形成される結晶粒界は電流を横切る結晶粒界となるので、半導体装置活性領域から排除する事が望まれる。局所加熱機構の長さ方向の辺から成長する電流を横切る結晶粒界を半導体装置活性領域から排除するには半導体装置活性領域の幅が局所加熱機構の幅よりも短く、且つ半導体装置活性領域が幅方向に関して局所加熱機構に完全に含まれる事が必要条件である。具体的には局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm) よりも活性領域の幅 W (μm) が 6 μm 程度以上短かい ($W < W_{\text{HS}} - 6 \mu\text{m}$) 状態が好ましく、8 μm ($W < W_{\text{HS}} - 8 \mu\text{m}$) 程度以上短かければ理想的といえる。その上で半導体装置活性領域の長さ方向の辺が局所加熱機構の長さ方向の辺より 3 μm 程度以上、より好ましくは 4 μm 程度以上内側に位置する様に活性半導体膜を加工する。本願発明での横成長距離は最大で 3.5 μm 程度で、通常は 2.5 μm 程度から 3.0 μm 程度となる。従って活性領域の幅が局所加熱機構の幅よりも 6 μm 程度以上短く、且つ半導体装置活性領域の長さ方向の辺が局所加熱機構の長さ方向の辺から 3.0 μm 程度以上内側に位置して居れば、局所加熱機構の長さ方向の辺から成長する結晶粒界を半導体装置活性領域から殆ど排除し得る (図 2 B 平面図)。最大横成長距離が 3.5 μm 程度なので、活性領域の幅を局所加熱機構の幅よりも 8 μm 程度以上短くし、且つ半導体装置活性領域の長さ方向の辺を局所加熱機構の長さ方向の辺から上下で其々 4.0 μm 程度以上内側に位置させれば、局所加熱機構の長さ方向の辺から成長する結晶粒界を半導体装置活性領域から完全に排除出来る (図 2 B 平面図)。

活性半導体膜形成工程は非晶質半導体膜を堆積する非晶質半導体膜堆積工程を含み、更に此の非晶質半導体膜の結晶性を高める半導体膜改質工程をも含んで居ても良い。半導体膜改質工程は非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程や非晶質半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程から成る。或いは両者を組み合わせて、非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程と、此の固相成長した半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程との二者から成っても構わない。工程上で最も容易なのが非晶質半導体膜堆積を以て活性半導体膜形成工程とする物である。此の簡略な工程でも無論本願発明は有効であるが、より好ましいのは活性半導体膜形成工程が半導体膜改質工程を含んで居る工程である。本工程後に行われる結晶化工程時の結晶粒横成長は局所加熱機構上の活性半導体膜が略完全に熔融した状態にて、その周辺部の非熔融部よりエピタキシャル成長の形態にて進む。活性半導体膜形成工程が半導体膜改質工程をも含んでいると、内部結晶欠陥の少ない良質な結晶粒を成長源として横成長が進むので、横成長後の結晶も内部欠陥の少ない優良な結晶粒となる。斯うした内部欠陥の少ない結晶粒を結晶成長源とするには、非晶質半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程を施すのが一番である。熔融結晶性改善工程は、局所加熱機構に影響を及ぼさぬ紫外光を半導体膜に照射して行われるのが望ましい。紫外光としてはキセノン塩素 (XeCl) エキシマレーザー ($\lambda = 308 \text{ nm}$) やクリプトンフッ素 (KrF) エキシマレーザー ($\lambda = 248 \text{ nm}$) と云ったレーザー光が用いられる。半導体膜改質工程が固相成長工程を含んでいると、各結晶粒が数 μm と大きくなり、此の大きい結晶粒を結晶成長源として横成長が生ずるので電流方向に略平行な結晶粒界の数、即ち半導体装置活性領域内に位置する結晶粒界の数、が削減され、閾値電圧が低く急峻なサブスレーシュホールド特性を示す優良な薄膜半導体装置が作成される。固相成長工程は非晶質半導体膜が形成された基板を熱処理炉に挿入して、略熱平衡状態にて行われるか、或いは急速熱処理装置にて行われる。熱処理炉にて行われる場合、熱処理温度は400℃程度以上700℃程度以下の処理温度にて固相結晶化が進められる。固相成長で得られる多結晶半導体膜は結晶粒が数 μm と大きいものの、内部欠陥を多量に含むとの短所を有して居る。一方、熔融結晶性改善

工程で得られる多結晶半導体膜は結晶粒内は内部欠陥の無い綺麗な結晶が出来ているものの、結晶粒サイズが小さいとの短所が認められる。結晶粒径が数 μm と大きく且つ内部欠陥が少ない多結晶膜を得るには、非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程を行った後に、此の固相成長した多結晶半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程を加えれば良い。斯うすれば横成長時の結晶成長源は大粒径低欠陥の結晶粒となるので、半導体装置活性領域内に位置する結晶粒界の数を著しく減少せしめて尚、略無欠陥の横成長結晶粒を得る事を可能ならしめ、以て窮めて優れた薄膜半導体装置を製造し得る。

活性半導体膜は硅素を主体とした半導体膜（硅素原子構成比が80%程度以上となる硅素膜（ Si ）や硅素ゲルマニウム膜（ $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ： $0 < x < 1$ ）に代表される半導体物質）で、その厚みは20nm程度以上95nm程度以下、好ましくは30nm程度以上70nm程度以下である。20nm程度以上の膜厚が有れば、基板面積が2000 cm^2 程度以上の大きな基板を用いても基板全面に結晶粒を安定的に横成長させられる。活性半導体膜が余りに厚いと、膜の上下方向に温度差が生じ横成長が阻害されるが、95nm程度以下で有れば容易に横成長し、本願発明が有効に機能する。本願発明では結晶化工程にて照射される光の一部が活性半導体膜を透過して局所加熱機構で吸収される事がその本質である。出願人の実験に依ると、結晶化工程にてYAG2 ω レーザー光を照射した際に最も横成長する活性半導体膜の厚みは30nm程度以上70nm程度以下であった。

此の膜厚範囲では照射光が活性半導体膜を70%程度以上透過し、しかも第一半導体膜に透過光が良く入る様に光学干渉条件が揃った為である。

非晶質半導体膜堆積工程は化学気相堆積法（CVD法）を用いるのが簡便である。化学気相堆積法の中でも取り分け低圧化学気相堆積法（LP-CVD法）乃至はプラズマ化学気相堆積法が非晶質半導体薄膜の堆積に適しており、更には高真空型低圧化学気相堆積装置或いは高真空型プラズマ化学気相堆積装置にて非晶質半導体膜が堆積されるのが理想的と言える。此は半導体膜の純度を高めて不純物に起因する結晶核の発生を最少として横成長を確実に生じせしめ、更に最終的に得られる結晶性半導体膜を高純度とする為で有る。高真空型低圧化学気相堆積装置とは典型的には半導体膜堆積直前の背景真空度が $5 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ 以下と成

- って居り、非晶質半導体膜が 1.5 nm/min 程度以下との遅い堆積速度で形成されても、非晶質半導体膜中の酸素原子濃度を $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度以下となし得る成膜装置を指す。斯様な高真空型低圧化学気相堆積装置は成膜室の気密性が優れて居ると同時に、成膜室に於ける排気速度が 120 sccm/mTorr
- 5 (不活性ガスを 120 sccm 成膜室に流した時に得られる平衡圧力が 1 mTorr と成る排気速度) 程度以上の高い排気能力を有して居る事が更に望まれる。斯うした高排気能力を有する装置では1時間程度との比較的短時間で、基板等からの脱ガス流量を十分に低減せしめ、生産性を高く保って尚、高純度半導体薄膜の堆積を可能とするからで有る。基板面積が 2000 cm^2 程度以上有る大型基
- 10 板を用いる場合には、低圧化学気相堆積法の適応が困難と化す。斯様な状況下にて非晶質半導体膜を堆積する場合には高真空型プラズマ化学気相堆積装置を使用する。此は典型的には半導体膜堆積直前の背景真空度が $1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ 以下と成って居り、非晶質半導体膜の堆積速度が 1 nm/sec 程度以下と云った低速で堆積された非晶質半導体膜であっても、半導体中の酸素原子濃度を $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度以下となし得る成膜装置を指す。高真空型プラズマ化学気相堆積
- 15 装置としてはプラズマ処理を行う成膜室が其れよりも大きな別の真空の部屋内に設置されて居るプラズマボックス型のPECVD装置が適している。プラズマボックス型のPECVD装置とは成膜室が二重真空構造とされて居る事に依り成膜室の真空度が上がるとの効果を有し、同時に成膜室壁面全体が加熱されて成膜時に壁面温度と基板温度とが略同一となるホットウォール型のプラズマ化学気相堆積装置となっている。此により成膜室壁より脱する不純物ガス量を最少として、真空度を上げるとの効果も認められる。非晶質半導体膜堆積時に於ける背景真空度が斯うして向上し、壁面からの脱ガス量も減少するので堆積される半導体膜の純度が上がり、横成長が促進される効果がもたらされる。高真空型プラズマ化学
- 20 気相堆積装置の背景真空度は高真空型低圧化学気相堆積装置の背景真空度に劣るものの、半導体膜の堆積速度を 0.1 nm/sec 程度以上と速める事が可能な為、半導体膜中の不純物濃度を著しく低減せしめる。半導体膜成膜の原料気体にはモノシラン (SiH_4) 乃至はジシラン (Si_2H_6) が使用され、成膜時の基板温度は 100°C 程度から 450°C 程度の間とされる。基板温度が高い程非晶質
- 25

半導体膜中に含まれる水素量が減るので、後の結晶化工程を安定的に進められる。理想的には非晶質膜堆積時の基板温度は250℃程度から450℃程度の間である。

- 結晶化工程では活性半導体膜側から、温度300Kに於ける多結晶硅素膜での
- 5 吸収係数が $2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-1} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下である光を照射して、活性半導体膜の熔融結晶化を進める。斯様な吸収係数に対応する光の波長は370nm程度から710nm程度である。結晶化工程に理想的な光の多結晶硅素膜での吸収係数は $1 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下であり、対応する波長は450nm程度以上650nm程度以下となる。本発明が効果的に機能するには、活性半導体膜の厚みを $x \text{ (nm)}$ とし、結晶化工程にて照射される光の多結晶硅素膜での吸収係数を $\mu_{p-si} \text{ (nm}^{-1}\text{)}$ とした時に、活性半導体膜の厚み $x \text{ (nm)}$ と照射光の吸収係数 $\mu_{p-si} \text{ (nm}^{-1}\text{)}$ と積が
- 10

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 1.609$$

との関係を満たす事である。此の積のより好ましい値は

15
$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.693$$

であり、理想的には

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.405$$

- となる。半導体膜中で光は吸収され、入射光は指数関数的に其の強度を減衰させる。入射光強度を $I_{(0)}$ とし、硅素を主体とした多結晶活性半導体膜中での表面からの距離を $x \text{ (nm)}$ 、場所 x での強度を $I_{(x)}$ とすると、此等の間には吸収係数 μ_{p-si} を用いて次の関係が成り立つ。
- 20

$$I_{(x)} / I_{(0)} = \exp(-\mu_{p-si} \times x) \quad (\text{式1})$$

- 吸収係数 μ_{p-si} が $2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上有れば、活性半導体膜を熔融結晶化させる事が可能と化し、 $1 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上有れば活性半導体膜の厚みが2
- 25 0 nm 程度と薄くとも2%程度以上の光が活性半導体膜にて吸収され、容易に活性半導体膜が熔融結晶化される。多結晶硅素膜での吸収係数が $1 \times 10^{-1} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下で有れば入射光は活性半導体膜を透過して局所加熱機構迄到達し、更に $1 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下で有れば活性半導体膜が95nm程度と厚くとも入射光の内40%程度が局所加熱機構に到達するので、活性半導体膜部位に横成長が

生ずる。活性半導体膜が光照射にて効率的に加熱される為には入射光の少なくとも 10%程度は半導体膜により吸収されるのが望ましい。これは活性半導体膜の厚みと吸収係数との積が

$$0.105 < x \times \mu_{p-si}$$

- 5 との条件を満たしている時に達成される。更に局所加熱機構が効率的に機能するには入射光の少なくとも 20%程度以上が活性半導体膜を透過するのが望まれ、活性半導体膜の厚みと吸収係数との積が

$$x \times \mu_{p-si} < 1.609$$

- との関係式を満たしている必要がある。活性半導体膜での横成長を確実に生じせしめるには入射光の 50%程度以上が活性半導体膜を透過するのが好ましく、その条件は

$$x \times \mu_{p-si} < 0.693$$

で有る。本願発明が最も効率的に機能する理想系は入射光の三分の二程度以上が活性半導体膜を透過する

- 15 $x \times \mu_{p-si} < 0.405$

との条件を活性半導体膜の厚みと吸収係数とが満たす時である。

- 結晶化工程にて照射される光は半導体膜を容易に熔融させるとの点からレーザー光が好ましい。照射レーザー光としては連続発振の物も使用可能で有るが、パルス発振のレーザー光の使用がより好ましい。連続発振のレーザー光照射では半導体膜は数ミリ秒以上の長時間に渡って熔融状態にある。此の為に気相から不純物が膜中への混入し易くなり、又表面荒れが生じ易くなる。又、熔融時間が長い為に活性半導体膜内の横方向温度分布が失われる傾向が強く、故に横成長が生じにくくなる。此に対して一回の照射毎に適当な距離を移動し得るパルス発振では熔融時間は数百マイクロ秒以下となる為に、高純度で平滑な表面を有する多結晶性半導体薄膜が得られ、且つ短時間熔融に起因して横方向温度勾配は冷却固化時まで解消される事無く、斯くして局所加熱機構上に選択的に結晶粒を横成長させる事が可能となる。半導体膜にレーザー光を照射する際には波長が 370 nm 以上 710 nm 以下のパルスレーザー光を使用する。此等の光の非晶質硅素中及び多結晶硅素中での吸収係数を図 5 に示す。図 5 の横軸は光の波長で、縦軸が吸収

係数である。破線(Amorphous)が非晶質硅素を表し、実線(Polysilicon)は多結晶硅素を表して居る。図5から分かる様に、370nmから710nmの波長領域では光の吸収係数は多結晶硅素中よりも非晶質硅素中での方が大きくなる。例えば波長が約532nmで有るNdドープYAGレーザー光の第二高調波(YAG 2 ω 光と略記する)の非晶質硅素での吸収係数 $\mu_{a\text{si}}$ と多結晶硅素での吸収係数 $\mu_{p\text{si}}$ は其々、

$$\mu_{a\text{si}}(\text{YAG } 2\omega) = 0.01723 \text{ nm}^{-1}$$

$$\mu_{p\text{si}}(\text{YAG } 2\omega) = 0.00426 \text{ nm}^{-1}$$

と、非晶質硅素での吸収係数の方が多結晶硅素での吸収係数よりも4倍余りも大きく成って居る。横成長が生じた活性半導体膜と云えども微視的には結晶成分と非晶質成分とから構成されて居る。結晶成分とは結晶粒内で積層欠陥等の欠陥が比較的少ない部位で、良質な結晶状態に有る箇所と言える。一方、非晶質成分とは結晶粒界や結晶粒内の欠陥部等の構造秩序に著しい乱れが見られる部位で、所謂非晶質に近い状態に有る箇所と言える。レーザー光を照射して結晶化を進めるとの熔融結晶化では、非熔融部が冷却固化過程時に於ける結晶成長の核と成る。高い構造秩序を有する結晶成分が結晶成長核と成れば、其処から成長する結晶は矢張り高い構造秩序を有する良質な結晶化膜と成る。此に反して、構造秩序の乱れた部位が結晶成長核と成れば、積層欠陥等が冷却固化過程時に其処から成長するので、最終的に得られる結晶化膜は欠陥等を含んだ低品質な物と化す。従って優良な結晶化膜を得るには、横成長した活性半導体膜中の結晶成分を熔融させずに此を結晶成長の核とし、更に複数回のパルスレーザー光照射にて非晶質成分を優先的に熔融させれば良い事に成る。本願発明に適した照射レーザー光は非晶質硅素に於ける吸収係数が多結晶硅素に於ける吸収係数よりも大きいので、非晶質成分が結晶成分に比べて優先的に加熱される。その結果として結晶粒界や欠陥部と云った非晶質成分が容易に熔融し、その一方で略単結晶状態に有る様な良質な結晶成分は熔融せず残留して結晶成長源と成るので、結晶欠陥の窮めて少ない優良な結晶粒が冷却固化過程に形成される。斯うして欠陥部や不對結合対等は大幅に低減され、結晶粒界も構造秩序の高い対応粒界が支配的と成る。此の事は半導体膜の電気特性からすると、エネルギーバンド図に於ける禁制帯中央部付近の捕

獲準位密度を大きく減少させるとの効果をもたらす。又、斯様な半導体膜を半導体装置活性領域（ソース領域やドレイン領域、チャンネル形成領域）に用いると、オフ電流値が小さく、急峻な閾値下特性を示し（サブスレーシュホールドスイング値が小さく）、閾値電圧の低いトランジスタを得る事に成る。横成長した結晶粒の内部欠陥を低減するのに最も効果的な光は、多結晶硅素での吸収係数の非晶質硅素での吸収係数に対する比（ μ_{ps_i}/μ_{as_i} ）が大きい時で有る。図5を見ると、光の波長が450nm程度から650nm程度の時に此の比が大きく成る事が分かる。従って、横成長した活性半導体膜中の内部結晶欠陥を低減するとの視点から、本願発明の光照射工程にて照射するパルスレーザー光の最も好ましい波長は450nm程度以上650nm程度以下と云える。

最終的に良質な結晶性活性半導体膜を得るにはレーザー光の発振安定性が最も重要なので、パルスレーザー光はQスイッチ発振する固体発光素子にて形成されるのが望ましい。（本願では此をQスイッチ固体レーザーと略称する。）取り分け本願発明では局所加熱機構上の活性半導体膜は略完全に熔融するので、レーザー光の発振が安定していないと、活性半導体膜が消失したり或いは損傷を被り、優良な薄膜半導体装置製造が困難となる。従来のエキシマガスレーザーでは、レーザー発振室内でのキセノン（Xe）や塩素（Cl）などのガスの不均一性や、ガス自体の劣化或いはハロゲンに依る発振室内の腐食等に起因して、発振強度のばらつきが5%程有り、更に発振角のばらつきも5%程度認められた。発振角のばらつきは照射領域面積のばらつきをもたらすので、結果として半導体膜表面でのエネルギー密度（単位面積あたりのエネルギー値）は総計で10%以上も変動して居る。又、レーザー発振の長期安定性にも欠け、薄膜半導体装置のロット間変動をもたらしていた。この為仮令レーザー光が活性半導体を透過して本願発明の横成長を生じさせる条件を満たとしても、従来のガスレーザーを使用している限り、活性半導体膜表面でのエネルギー密度変動が大きく、横成長が生ずる以前に活性半導体膜が激しく損傷して仕舞う。此に対して固体レーザーには斯様な問題が存在し得ぬが故、レーザー発振は窮めて安定で、活性半導体膜表面でのエネルギー密度の変動（平均値に対する標準偏差の比）を5%程度未満とし得るので有る。本願発明をより効果的に活用するには、この様に半導体膜表面でのレーザ

ーエネルギー密度の変動が5%程度未満となる固体レーザーの使用が求められる。更に、固体レーザーの使用は薄膜半導体装置製造時に於けるロット間変動を最小化すると効果や、従来頻繁に行われて居た煩雑なガス交換作業から薄膜半導体装置の製造を解放し、以て薄膜半導体装置を製造する際の生産性の向上や低価格化を導くとの効果を有する。先の波長や吸収係数の要請と固体レーザーの要請とを同時に満たし得るのがネオジウム(Nd)を酸化イットリウム(Y_2O_3)と酸化アルミニウム(Al_2O_3)との複酸化物に添加したネオジウム添加のイットリウムアルミニウムガーネット(Nd:YAG)レーザー光の第二高調波(YAG 2ω 光、波長532nm)である。従って、本願発明の結晶化工程では活性半導体膜表面に於けるエネルギー密度の変動が5%程度未満のYAG 2ω 光を活性半導体膜に照射するのが最も適している。Qスイッチ固体レーザーのレーザー媒体としてはNdイオンをドープされた結晶やYbイオンをドープされた結晶、Ndイオンをドープされたガラス、Ybイオンをドープされたガラスなどが好ましい。従って具体的にはYAG 2ω の他には、Qスイッチ発振するNd:YVO $_4$ レーザー光の第二高調波(波長532nm)、Qスイッチ発振するNd:YLFレーザー光の第二高調波(波長524nm)、Qスイッチ発振するYb:YAGレーザー光の第二高調波(波長515nm)等をパルスレーザー光として使用するのが最も優れている。

優良なる結晶性活性半導体薄膜を得るにはパルスレーザー光の活性半導体膜上に於ける照射エネルギー密度の制御も重要となる。換言すると優れた薄膜半導体装置を製造するには照射エネルギー密度を適切な範囲内に制御せねばならない。まず局所加熱機構上の活性半導体膜で横成長が生ずる様な熔融結晶化を進める為には、局所加熱機構上に位置する活性半導体膜の厚み方向が少なくとも半分程度以上熔融するのに十分な強度をパルスレーザー光は有しておらねばならない(本願明細書では此を1/2熔融エネルギー密度($E_{1/2}$)と略称する)。此が結晶化工程に於けるパルスレーザー光照射エネルギー密度の適切な範囲の最下限値である。局所加熱機構上の活性半導体膜はその他の活性半導体膜よりも加熱されているので、このエネルギー密度($E_{1/2}$)では活性半導体膜のその他の部位は膜厚方向に関して半分も熔融していない。更に実験に依ると、パルスレーザー光の

エネルギー密度が被照射半導体膜の厚み方向に於ける体積成分の3分の2程度以上を溶融させる時に横成長は窮めて促進され、其れ故に斯様な結晶性活性半導体膜を有して居る薄膜半導体装置は優れた電気特性を示す様になる。従ってより好ましい下限値は局所加熱機構をその下に有する活性半導体膜の厚み方向に於ける

5 体積成分の3分の2程度以上を溶融させる照射エネルギー密度で有る（ $2/3$ 溶融エネルギー密度（ $E_{2/3}$ ））。適切な照射エネルギー密度には上限値も存在する。活性半導体膜表面でのレーザー光のエネルギー密度が余りにも高いと、半導体薄膜は消失して仕舞うので、エネルギー密度は消失(Abrasion)を引き起こす値よりも当然小さくしなければならない（消失が生ずる照射エネルギー密度を本願明細書では消失エネルギー密度（ E_{Ab} ）と略称する）。此の値が最上限値となる。

10 又、全面的な消失が生ぜずとも、局所加熱機構上の活性半導体膜が厚み方向の全体に渡って完全に溶融して仕舞うと（此の照射エネルギー密度を本願明細書では完全溶融エネルギー密度（ E_{CM} ）と略称する）、活性半導体膜の部分的な消失が発生し易く成る。此は薄膜半導体装置を作成した際の欠陥を誘起して歩留まりを下げる要因と成り得るので、当然好ましくない。従って高歩留まりを以て優良な薄膜半導体装置を製造するには、半導体膜表面でのパルスレーザー光のエネルギー密度は半導体膜の厚み方向の全体が完全に溶融する値（ E_{CM} ）よりも僅かに低い事が望まれる。此が適切な照射エネルギー密度に対する好ましい上限値となる。結局、波長が370nm以上710nm以下のパルス発振する固体レーザー

20 光を硅素を主体とした活性半導体膜に照射して横成長を促進させる場合、固体レーザー光の活性半導体膜上に於ける望ましい照射エネルギー密度は $1/2$ 溶融エネルギー密度（ $E_{1/2}$ ）以上消失エネルギー密度（ E_{Ab} ）以下と成る。より好ましくは $1/2$ 溶融エネルギー密度（ $E_{1/2}$ ）以上完全溶融エネルギー密度（ E_{CM} ）以下、或いは $2/3$ 溶融エネルギー密度（ $E_{2/3}$ ）以上消失エネルギー密度

25 （ E_{Ab} ）以下、理想的には $2/3$ 溶融エネルギー密度（ $E_{2/3}$ ）以上で完全溶融エネルギー密度（ E_{CM} ）以下と云える。局所加熱機構上の活性半導体膜に照射されるパルスレーザー光の強度が $2/3$ 溶融エネルギー密度（ $E_{2/3}$ ）以上で完全溶融エネルギー密度（ E_{CM} ）以下の時に、本願明細書では「局所加熱機構上の活性半導体膜は厚み方向で略完全に溶融している」と定義する。理想的な照射

エネルギー密度は、局所加熱機構上の活性半導体膜が厚み方向で略完全に熔融しており、一方でその他の活性半導体膜部位は完全熔融していない強度である。具体的に固体パルスレーザー光がNd:YAGレーザー光の第二高調波で、下側絶縁膜上に形成された硅素を主体とする活性半導体膜の厚みが30nm程度から70nm程度で有る場合の、局所加熱機構上の活性半導体膜表面に於けるYAG2ωパルスレーザー光の照射エネルギー密度は

$$E_{SM} = 100 \text{ mJ cm}^{-2}$$

$$E_{CM} = 625 \text{ mJ cm}^{-2}$$

$$E_{Ab} = 950 \text{ mJ cm}^{-2}$$

- 10 有るので、局所加熱機構上の活性半導体膜の厚み方向に於ける体積成分の半分が熔融する照射エネルギー密度は

$$E_{1/2} = 350 \text{ mJ cm}^{-2}$$

となり、更に局所加熱機構上の活性半導体膜の厚み方向に於ける体積成分の3分の2が熔融する照射エネルギー密度は

15 $E_{2/3} = 450 \text{ mJ cm}^{-2}$

となる。従って、局所加熱機構上の活性半導体膜上に於けるYAG2ω光の望ましい照射エネルギー密度は350mJcm⁻²程度以上950mJcm⁻²程度以下で、より好ましくは450mJcm⁻²程度以上950mJcm⁻²程度以下、或いは350mJcm⁻²程度以上625mJcm⁻²程度以下、理想的には450mJcm⁻²程度以上625mJcm⁻²程度以下と云える。

- 20 結晶化工程でパルスレーザー光を活性半導体膜に照射する際の、活性半導体膜上での照射領域は幅がW_L (μm) で、長さがL_L (mm) の線状乃至は略長方形とする (図6-a)。照射領域内の長さ方向に於ける断面 (図6-aのA-A□断面) でのレーザー光照射エネルギー密度は照射領域の端部 (図6-b、±L_L/2付近) を除いて略一様に分布している (図6-b)。具体的には長さ方向の左右其々の端部5%を除いた、中央部90%以内でのエネルギー密度の変動 (平均値に対する標準偏差の比) は5%程度未満とされている。一方、照射領域内の幅方向に於ける断面 (図6-aのB-B□断面) でのレーザー光照射エネルギー密度は略台形状を成すか (図7-a)、或いは略ガウス関数形を成す (図7-

b)。幅方向断面が略ガウス関数形とは幅方向のレーザー光強度（図7-b）が実際にガウス関数で近似され得る分布形状にのみ成らず、其の強度が中心（図7-bに於ける0点）から微分可能な関数にて端部領域（図7-bに於ける $\pm W_L/2$ 付近）へと滑らかに減少している分布形状をも含む。幅方向断面が略台形状（図7-a）の場合、エネルギー密度分布の変動が5%程度未満となる中央平坦領域の割合は30%程度から90%程度が好ましく、それ故に上下其々の端部領域（図7-a、 $\pm W_L/2$ 付近）は5%程度から35%程度となる。例えば幅 $W_L = 100\mu\text{m}$ の場合、中央平坦領域は30 μm 程度から90 μm 程度で有り、上下其々の端部領域は5 μm 程度から35 μm 程度が望まれる。活性半導体膜から効果的に欠陥を低減し更に光学的にも横成長を促進するには、幅方向に於ける照射エネルギー密度勾配の最大値を取る位置と幅方向に於ける照射エネルギー密度の最大値を取る位置とが略一致している事が望まれる。完全溶融するのは照射エネルギー密度が最大の位置であり、其処での照射エネルギー密度勾配が最大で有れば、照射エネルギー密度勾配に沿って結晶粒が横方向に成長するからである。斯うした本願発明で理想的と言える幅方向断面は台形状（図8-a）乃至は富士山関数型（図8-b）のレーザー光強度分布で有る。

活性半導体膜が完全溶融した時に構造的のみ成らず光学的にも横成長を促進させるには、レーザー光源の選択やそれに適する活性半導体膜厚の決定等と言った構造的な結晶成長制御の他に、光学的な水平方向への結晶成長制御も重要と化す。具体的には線上乃至は長方形のレーザー光照射領域の長さ（照射長と略称する） L_L に対する幅（照射幅と略称する） W_L の比（ L_L/W_L ）と照射領域の走査方法とを最適化させる事で、所望の方向への結晶成長はより一層促進される。まず照射長 L_L に対する照射幅 W_L の比（ L_L/W_L ）を100程度以上とする。この比（ L_L/W_L ）が100程度以上有れば、各照射の際に温度勾配は照射領域の長さ方向には殆ど生ぜず、主として幅方向（図6-aのB-B \square 方向）に生ずる事になる。その結果、結晶は照射領域の幅方向へと一次元的な横成長を示す。照射幅 W_L は5 μm 程度から500 μm 程度が望まれるから、生産性を考慮すると此の比（ L_L/W_L ）は100程度以上、理想的には1000程度以上が望まれる。次いで斯様な形状の照射領域を各照射毎に幅方向にずらして行き、基板全面

の走査を行う。その際に照射領域の幅方向は局所加熱機構の長さ方向にほぼ一致させ、照射領域の長さ方向は局所加熱機構の幅方向にほぼ一致する様にする。局所加熱機構の長さ方向と半導体装置活性領域の長さ方向とは一致し、局所加熱機構の幅方向と半導体装置活性領域の幅方向とが一致しているので、照射領域の幅方向は半導体装置活性領域の長さ方向にほぼ一致し、照射領域の長さ方向は半導体装置活性領域の幅方向にほぼ一致する。斯うすると局所加熱機構等に依る構造的な横成長方向と照射領域形状に依る光学的な横成長方向とが一致し、活性半導体膜での横成長距離が益々大きくなる。従って薄膜半導体装置のアクティブ領域の方向（MOSFETならばソース・ドレイン方向、バイポーラトランジスタならばエミッター・コレクター方向）を照射幅方向に取る事で、アクティブ領域内（MOSFETのチャンネル形成領域内、又はバイポーラトランジスタのエミッター・ベース接合領域とベース領域、及びベース・コレクター接合領域）に電流を横切る結晶粒界が存在しない（図4）、或いは仮令電流を横切る結晶粒界が存在しても其れは常に活性領域の長さ方向に関する中心付近に一つ（図3）と云った優れた薄膜半導体装置が容易に実現される。又、構造的な横成長が照射領域形状に依り阻害されない為には、照射領域の幅 W_L は少なくとも局所加熱機構の長さ L_{HS} よりも大きく（ $W_L/L_{HS} > 1$ ）、照射領域の長さ L_L は局所加熱機構の幅 W_{HS} よりも十分に大きくなっては成らない（ $L_L/W_{HS} > 100$ ）。パルスレーザー光は活性半導体膜上で照射領域を各照射毎に照射領域の幅方向にずらして行き、基板全面の照射を完了させる。

此の様に結晶粒の横成長を促進させるには局所加熱機構を設けるとの構造的な手法と照射光の種類やその形状を調整するとの光学的な手法とを組み合わせる事が重要である。活性半導体膜の完全溶融時に結晶粒の幅方向への一次元的な横成長を促進させる光学的にもう一つの重要な要素は、照射領域の幅方向に於けるレーザーエネルギー密度の勾配（エネルギー密度勾配と略称する）である。溶融結晶化時の結晶成長速度 $u(x)$ は半導体膜の温度勾配 $dT(x)/dx$ に比例する。

$$u(x) = k \cdot dT(x) / dx \quad (\text{式1})$$

但し此处で k は速度定数で、 $T(x)$ は半導体膜上の任意の点 x に於ける半導体

膜の温度である。半導体膜の溶融時間を t_m で表らわすと、結晶成長サイズ L_c は結晶成長速度と溶融時間 t_m との積にて表される。

$$L_c = u \cdot t_m = k \cdot dT / dx \cdot t_m \quad (\text{式 2})$$

速度定数 k は一定で溶融時間も略一定であるから、結晶成長サイズは半導体膜の
5 温度勾配に比例する事になる。一方、半導体膜の温度は照射パルスレーザー光のエネルギー密度に比例するから、結局、結晶成長サイズ L_c はエネルギー密度勾配 dE / dx に比例する。

$$L_c \propto dE / dx \quad (\text{式 3})$$

結晶成長サイズを大きくするにはエネルギー密度勾配を大きくすれば良い訳である。
10 出願人等が行った実験結果に依ると、YAG 2 ω 光をパルスレーザー光として用いてガラス基板上の半導体膜を完全溶融結晶化させた場合、エネルギー密度勾配の最大値が $3 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度以上である $3.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度から $4.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度の時に照射幅方向への結晶成長サイズは $1 \mu\text{m}$ 程度以上となった。又、エネルギー密度勾配の最大値が $1.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度から $2.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度の時には照射幅方向への結晶成長サイズは $2 \mu\text{m}$ 程度以上と増大した。更にエネルギー密度勾配の最大値が $3.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度の時には照射幅方向への結晶成長サイズは $3 \mu\text{m}$ 程度となった。従って局所加熱機構上の活性半導体膜部位に結晶を大きく横成長させ、以て優良なる薄膜半導体装置を製造するには、照射領域の幅方向を局
20 所加熱機構の長さ方向に略一致させ、その上でエネルギー密度勾配の最大値を $3 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度以上とすれば良い。エネルギー密度勾配の最大値が $1.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度から $2.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度の間ならばより好ましく、理想的には $3.0 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度以上である。

優れた薄膜半導体装置を作成するには活性半導体膜上の任意の一点を照射する
25 パルスレーザー光の照射回数（照射回数と略称する）をも最適化する必要が有る。照射回数の最小値は 1 回で、最大値は 40 回程度である。40 回程度以上の照射を繰り返すと局所加熱機構上の活性半導体膜に損傷が入って仕舞う。斯うした膜を利用して薄膜半導体装置を作成してもゲートリーク等に依り半導体装置は丸で機能しない。活性半導体膜の所望の位置に結晶を横成長させ、且つ半導体膜の表

面を平滑に保って優良なる薄膜半導体装置を製造するには、照射回数が 1 回程度以上 40 回程度以下となる様にパルスレーザー照射領域を走査する。

本願発明を液晶表示装置に適応する際には基板は可視光に対して透明で有る事が好ましく、其れ以外に適応される際にも基板は少なくともパルスレーザー光に対して略透明で有る事が望まれる。具体的にはパルスレーザー光に対する基板の吸収係数が、多結晶硅素に対する吸収係数の百分の一程度以下で有る事が望ましい条件とされる。此は本願発明が活性半導体膜を透過した光を局所加熱機構が吸収し、活性半導体膜を局所的に加熱しながら熔融結晶化を進めるとの本願発明原理に基づく。基板がパルスレーザー光を吸収する素材であると、基板も熱せられ、局所的に活性半導体膜を加熱するとの機構が働かなくなる為である。基板の吸収係数が局所加熱機構の吸収係数の百分の一程度以下で有れば、局所加熱機構上の活性半導体膜のみが選択的に加熱されて、その部位に横成長した結晶粒を形成する事が可能となる。

以上詳述してきた様に従来低品質で結晶粒を制御し得なかった多結晶半導体膜を、本願発明では局所加熱機構を設け結晶化工程時に照射する光を特定する事で、結晶粒の位置制御を可能とし、更に形成される結晶粒径を大きくして尚その分布を均一とする。これに依り薄膜トランジスタに代表される薄膜半導体装置の電気特性を著しく向上させ、同時にそれらの変動をも最小とし、薄膜半導体装置を低電圧にて高速動作させ、更には斯様な薄膜半導体装置を安定的に製造し得るとの効果が認められる。

図面の簡単な説明

図 1 は本願発明を説明した図。

図 2 は本願発明を説明した図。

図 3 は本願発明を説明した図。

図 4 は本願発明を説明した図。

図 5 光の波長と半導体に於ける吸収係数との関係を説明した図。

図 6 はレーザー光の照射形状を説明した図。

図 7 は本願発明のレーザー光の照射形状を説明した図。

図 8 は本願発明のレーザー光の照射形状を説明した図。

図 9 は本願発明の製造工程を説明した図。

図 10 は本願発明の効果を説明した図。

図 11 は本願発明の製造工程を説明した図。

- 5 111 と 211 は基板で、112 と 212 は下地保護膜、113 と 213 は第一半導体膜、114 と 214 は下側絶縁膜、115 と 215 は活性半導体膜、116 と 216 は YAG 2 ω レーザー光、117 と 217 は活性半導体膜を透過した YAG 2 ω レーザー光、118 と 218 は熱、119 と 219 は結晶粒界、120 と 220 はゲート絶縁膜、121 と 221 はゲート電極、115a と 115c、215a、215c はソース・ドレイン領域、115b と 215b はチャンネル形成領域、122 と 222 は層間絶縁膜、123 と 124、223、224 はソース・ドレイン電極。
- 10

発明を実施するための最良の形態

- 15 添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

(実施例 1)

図 9 (a)、(b)、(c) は、本発明の第一実施例を示す薄膜半導体装置の製造方法を示す工程図である。以下、この図を参照しつつ本発明に依る薄膜半導体装置の製造方法を (1)、(2)、(3) の順に説明する。

- 20 (1) 図 9 (a) の工程

- 基板上に薄膜半導体装置の製造する。基板として厚さ 1.1 mm の石英基板 111 を用い、この石英基板 111 上に下地保護膜として電子サイクロトロン共鳴プラズマ化学気相堆積法 (ECR-PECVD 法) により酸化硅素膜 112 を膜厚 200 nm 程度堆積する。次に下地保護膜としての酸化硅素膜 112 上に低圧化学気相堆積法 (LPCVD 法) に依り非晶質硅素膜を膜厚 50 nm 程度堆積し、その後フォトリソグラフィ法により非晶質硅素膜をパターニングして第一半導体膜 113 とする。第一半導体膜の長さは半導体装置活性領域の長さよりも約 1 μ m 長くし、半導体装置活性領域は長さ方向に関して第一半導体膜の中央付近に来るようにされた。又、第一半導体膜の幅は 50 μ m 程度あり、半導体装置活
- 25

性領域は幅方向に関して完全に第一半導体膜に包含される。第一半導体膜 1 1 3 上には下側絶縁膜として E C R - P E C V D 法により酸化硅素膜 1 1 4 を膜厚 1 6 0 n m 程度堆積する。ついで下側絶縁膜としての酸化硅素膜 1 1 4 上に活性半導体膜 1 1 5 として L P C V D 法により非晶質硅素膜を膜厚 5 0 n m 程度堆積し、
5 その後固相成長法により窒素雰囲気下 6 0 0 ° C にて 4 8 時間の熱処理を施して活性半導体膜 1 1 5 の結晶性を改善し、更に活性半導体膜 1 1 5 としての大粒径多結晶硅素膜にキセノン塩素 (X e C l) エキシマレーザー (波長 3 0 8 n m) を照射して活性硅素膜中の結晶内部欠陥を低減する。

(2) 図 9 (b) の工程

10 次に活性半導体膜としての多結晶硅素膜 1 1 5 側から Y t t r i u m A l u m i n u m G a r n e t に N d ³⁺ イオンをドープしたものを母体結晶としたレーザー (Y A G レーザー、波長 1 0 6 4 n m) の第二高調波を用いたレーザー (Y A G 2 ω レーザー、波長 5 3 2 n m) 光 1 1 6 を照射する。 Y A G 2 ω 光の照射領域は長さ 1 5 m m で幅 6 5 μ m の長方形で幅方向に関してはガウス関数
15 型の強度分布を示す。照射時には Y A G 2 ω 光照射領域の長さ方向と第一半導体膜の幅方向とを大凡一致させた。従って照射領域の進行方向と薄膜半導体装置のソースドレイン方向とが略平行となる。 Y A G 2 ω レーザー光の照射エネルギー密度は 4 5 0 m J c m ⁻² で有り、活性半導体膜状の任意の一点は 2 0 回のパルスレーザー照射を被る。 Y A G 2 ω レーザー照射を施すと、一部の Y A G 2 ω レーザー光 1 1 6 は活性半導体膜としての多結晶硅素膜 1 1 5 に吸収されるが、一部の Y A G 2 ω レーザー光 1 1 6 は活性半導体膜としての多結晶硅素膜 1 1 5 に
20 吸収されず透過する。活性半導体膜としての多結晶硅素膜 1 1 5 を透過した Y A G 2 ω レーザー光 1 1 7 は下側絶縁膜としての酸化硅素膜 1 1 4 で反射や干渉された後に第一半導体膜 1 1 3 に吸収される。第一半導体膜 1 1 3 は Y A G 2 ω レーザー光 1 1 7 を吸収した事に依り温度が上昇する。この第一半導体膜 1 1 3 から放出される熱 1 1 8 が活性半導体膜 1 1 5 に影響して、第一半導体膜 1 1 3 直上の活性半導体膜の温度が、第一半導体膜 1 1 3 直上以外の活性半導体膜の温度よりも高くなる。斯うして生じた活性半導体膜 1 1 5 内の温度差により活性半導体膜の結晶成長が温度が低い領域 (第一半導体膜 1 1 3 直上以外の活性半導体

膜) から温度が高い領域 (第一半導体膜 1 1 3 直上の活性半導体膜) へと横方向に生じる。最終的に第一半導体膜中央直上で二つの結晶が衝突し、そこに結晶の横成長方向に垂直な方向の結晶粒界 1 1 9 が発生する。横成長の大きさは典型的には $2\mu\text{m}$ から $2.5\mu\text{m}$ 程度で、最大で $3.5\mu\text{m}$ 程度となる。

5 (3) 図 9 (c) の工程

YAG 2 ω レーザー光 1 1 6 の照射による活性半導体膜 1 1 5 の結晶化を行なった後、活性半導体膜 1 1 5 上にゲート絶縁膜として ECR-PECVD 法により酸化硅素膜 1 2 0 を膜厚 60nm 程度堆積する。ゲート絶縁膜としての酸化硅素膜 1 2 0 上にスパッタリング法により窒化タンタル (Ta₂N₅) 膜を 50nm 程度堆積し、タンタル (Ta) 膜を 450nm 程度堆積する。その後、フォトリソグラフィ法により上記 Ta₂N₅ 膜、Ta 膜を第一半導体膜 1 1 3 のパターンと略同一になる様にパターニングしてゲート電極 1 2 1 とする。次に上記ゲート電極 1 2 1 をマスクとしてドナーまたはアクセプターとなる不純物イオンをイオンドーピング法により打ち込み、ソース・ドレイン領域 1 1 5 a、1 1 5 c とチャネル形成領域 1 1 5 b を自己整合的に形成する。この時、活性半導体膜の結晶の横成長方向に沿ってキャリアが移動するようにソース・ドレイン領域を形成する。そして、ソース・ドレイン領域に添加された不純物元素の活性化を行なう為に、窒素雰囲気下 300°C にて 4 時間の熱処理を施す。その後、層間絶縁膜 1 2 2 としてプラズマ CVD 法 (PECVD 法) により TEOS (Si (OCH₂CH₃)₄) と酸素を原料気体とした酸化硅素膜を膜厚 500nm 程度堆積する。最後にフォトリソグラフィ法によりコンタクト・ホールを開けた後に、スパッタリング法によりアルミニウム (Al) を堆積し、フォトリソグラフィ法により Al をパターニングしてソース・ドレイン電極 1 2 3、1 2 4 を形成して半導体装置が完成する。

25 この様にして作成した薄膜半導体装置の伝達特性を測定した。本発明による薄膜半導体装置の伝達特性の一例を図 10 に示す。その他にもチャネル形成領域の長さ L が $10\mu\text{m}$ で幅 W が $10\mu\text{m}$ の薄膜半導体装置と、L が $5\mu\text{m}$ で W が $10\mu\text{m}$ の薄膜半導体装置の伝達特性をも測定した。従来技術を代表する比較例として、YAG 2 ω レーザー光を照射せず活性半導体膜の結晶を横成長させていない薄膜

半導体装置の伝達特性も同様に測定した。測定結果を表 1 に示す。図 10 並びに表 1 から分かる様に、本発明に依り移動度が大きく、急峻なサブスレシヨルド特性を示す電気特性の優れた半導体装置を製造することができている。これは本発明がチャネル形成領域となる活性半導体膜が横成長した柱状の大きな結晶粒から成る証である。更に本発明の製造方法によって作成された L が $5\mu\text{m}$ の半導体装置の伝達特性は L が $10\mu\text{m}$ の半導体装置の伝達特性よりも優れている。これは L を短くしたことに依り、チャネル形成領域内に存在するキャリアの移動する方向に垂直な方向の結晶粒界（電流を横切る結晶粒界）が、チャネル形成領域中央部に只一つだけ存在する様に成り、それ故にキャリアの移動が容易と化した為である。加えてチャネル形成領域内の結晶粒界の位置が、チャネル形成領域中央部に制御されている為、半導体装置の電気特性のばらつきが抑えられた。以上説明したように、本発明の第一実施例に依れば半導体膜のチャネル形成領域が大きい結晶粒から成り、キャリアの移動する方向に垂直な方向の結晶粒界の位置が制御され、斯くして電気特性が良くばらつきの少ない薄膜半導体装置が製造される。

表 1

(a) 本発明の製造方法により作成した半導体装置の伝達特性

 $W/L = 10/10 \mu m$

	NMOS	PMOS
移動度 ($cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$)	219	122
閾値電圧 (V)	0.15	-2.22
サブスレシヨルド・スウィング (V)	0.262	0.180

(b) 本発明の製造方法により作成した半導体装置の伝達特性

 $W/L = 10/5 \mu m$

	NMOS	PMOS
移動度 ($cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$)	321	144
閾値電圧 (V)	0.38	-2.22
サブスレシヨルド・スウィング (V)	0.269	0.171

(c) YAG 2 ω レーザー光を照射していない半導体装置の伝達特性 $W/L = 10/10 \mu m$

	NMOS	PMOS
移動度 ($cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$)	89	62
閾値電圧 (V)	-0.59	-3.11
サブスレシヨルド・スウィング (V)	0.345	0.286

(d) YAG 2 ω レーザー光を照射していない半導体装置の伝達特性 $W/L = 10/5 \mu m$

	NMOS	PMOS
移動度 ($cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$)	100	52
閾値電圧 (V)	-0.60	0.288
サブスレシヨルド・スウィング (V)	0.393	-3.36

(実施例 2)

図 11 (a)、(b)、(c) は、本発明の第二実施例を示す薄膜半導体装置の製造方法を示す工程図である。以下、この図を参照しつつ本発明の半導体装置の製造方法を (1)、(2)、(3) の順に説明する。

(1) 図 11 (a) の工程

実施例 1 の図 9 (a) の工程と同様である。基板として厚さ 1.1 mm の石英基板 211 を用い、石英基板 211 上に下地保護膜として電子サイクロトロン共鳴プラズマ化学気相堆積法 (ECR-PECVD 法) により酸化硅素膜 212

を膜厚 200 nm 程度堆積する。下地保護膜としての酸化硅素膜 212 上に低圧化学気相堆積法 (LPCVD 法) により非晶質硅素膜を膜厚 50 nm 程度堆積し、その後フォトリソグラフィ法により非晶質硅素膜をパターニングして第一半導体膜 213 とする。第一半導体膜の長さは、後に形成される半導体装置活性領域の長さの二倍よりも約 2 μ m 長くし、且つ半導体装置活性領域は長さ方向に関して第一半導体膜の中央近傍を避け、同時に第一半導体膜に完全に含まれる様に非晶質硅素膜をはパターニングする。又、第一半導体膜の幅は半導体装置活性領域の幅方向よりも数 μ m 以上大きくし、幅方向に関して半導体活性領域は完全に第一半導体膜に包含される様に非晶質硅素膜をパターニングする。第一半導体膜 213 上に下側絶縁膜として ECR-PECVD 法により酸化硅素膜 214 を膜厚 160 nm 程度堆積する。下側絶縁膜としての酸化硅素膜 214 上に活性半導体膜 215 として LPCVD 法により非晶質硅素膜を膜厚 50 nm 程度堆積し、その後窒素雰囲気下 600°C にて 48 時間の熱処理を施して固相成長法で活性半導体膜 215 の結晶性を改善する。更に固相成長処理を施された活性半導体膜 215 にキセノン塩素 (XeCl) エキシマレーザー (波長 308 nm) を照射して多結晶硅素膜中の結晶内欠陥を低減させる。

(2) 図 11 (b) の工程

実施例 1 の図 9 (b) の工程と同様である。活性半導体膜としての多結晶硅素膜 215 側から Yttrium Aluminum Garnet に Nd³⁺ イオンをドープしたものを母体結晶としたレーザー (YAG レーザー、波長 1064 nm) の第二高調波を用いたレーザー (YAG 2 ω レーザー、波長 532 nm) 光 216 を照射する。YAG 2 ω 光の照射領域は長さ 15 mm で幅 65 μ m の長方形で、幅方向に関してはガウス関数型の強度分布を示す。照射時には YAG 2 ω 光照射領域の長さ方向と第一半導体膜の幅方向とを大凡一致させる。従って照射領域の進行方向と薄膜半導体装置のソースドレイン方向とが略平行となる。YAG 2 ω レーザー光の照射エネルギー密度は 450 mJ cm⁻² とする。YAG 2 ω レーザー照射を施すと一部の YAG 2 ω レーザー光 216 は活性半導体膜としての多結晶硅素膜 215 に吸収されるが、他の一部の YAG 2 ω レーザー光 216 は活性半導体膜としての多結晶硅素膜 215 に吸収されず透過する。活性半

導体膜としての多結晶硅素膜 2 1 5 を透過した Y A G 2 ω レーザー光 2 1 7 は下側絶縁膜としての酸化硅素膜 2 1 4 で反射や干渉された後、第一半導体膜 2 1 3 にて吸収される。第一半導体膜 2 1 3 は Y A G 2 ω レーザー光 2 1 7 を吸収した事に依り温度が上昇する。この第一半導体膜 2 1 3 からの放出熱 2 1 8 が活性半導体膜 2 1 5 に影響して、第一半導体膜 2 1 3 直上の活性半導体膜の温度が、第一半導体膜 2 1 3 直上以外の活性半導体膜の温度よりも高くなる。この活性半導体膜 2 1 5 内の温度差により活性半導体膜の結晶成長が温度が低い領域（第一半導体膜 2 1 3 直上以外の活性半導体膜）から温度が高い領域（第一半導体膜 2 1 3 直上の活性半導体膜）へと横方向に生じる。最終的に第一半導体膜中央直上で二つの結晶が衝突し、そこに結晶の横成長方向に垂直な方向の結晶粒界 2 1 9 ができる。横成長の大きさは 2 μm から 2. 5 μm 程度で、最大で 3. 5 μm 程度となる。

(3) 図 1 1 (c) の工程

Y A G 2 ω レーザー光 2 1 6 の照射による活性半導体膜 2 1 5 の結晶化を行なった後、前記活性半導体膜 2 1 5 上にゲート絶縁膜として E C R - P E C V D 法により酸化硅素膜 2 2 0 を膜厚 6 0 n m 程度堆積する。前記ゲート絶縁膜としての酸化硅素膜 2 2 0 上にスパッタリング法により窒化タンタル (T a N) 膜を 5 0 n m 程度堆積し、タンタル (T a) 膜を 4 5 0 n m 程度堆積する。その後、フォトリソグラフィ法により上記 T a N 膜、T a 膜をパターニングしてゲート電極 2 2 1 とする。このパターニングを行なう際、半導体装置活性領域となるゲート電極 2 2 1 直下の活性半導体膜に、結晶の横成長方向に垂直な方向の結晶粒界 2 1 9 が含まれない様にゲート電極 2 2 1 を形成する。次に上記ゲート電極 2 2 1 をマスクとしてドナーまたはアクセプターとなる不純物イオンをイオンドーピング法により打ち込み、ソース・ドレイン領域 2 1 5 a、2 1 5 c とチャネル形成領域 2 1 5 b を自己整合的に形成する。この時、活性半導体膜の結晶の横成長方向に沿ってキャリアが移動するようにソース・ドレイン領域を形成する。そして、ソース・ドレイン領域に添加された不純物元素の活性化を行なう為に、窒素雰囲気下 3 0 0 $^{\circ}\text{C}$ にて 4 時間の熱処理を施す。その後、層間絶縁膜としてプラズマ C V D 法 (P E C V D 法) により T E O S (S i (O C H₂ C H₃)₄) と酸

素を原料気体とした酸化硅素膜を膜厚 500 nm 程度堆積する。最後にフォトリソグラフィ法によりコンタクト・ホールを開けた後に、スパッタリング法によりアルミニウム (Al) を堆積し、フォトリソグラフィ法により Al をパターニングしてソース・ドレイン電極 223、224 を形成して半導体装置が完成する。以上説明した様に、本第二実施例に依れば半導体装置のチャネル形成領域となるゲート電極直下の活性半導体膜に、キャリアが移動する方向に垂直な方向の結晶粒界が存在しないので、単結晶半導体装置並みの高性能な半導体装置を製造することができる。

10 産業上の利用可能性

以上の様に、本発明の薄膜半導体装置の製造方法に依ると、安価なガラス基板の使用が可能となる低温プロセスを用いて高性能な薄膜半導体装置を容易に且つ安定的に製造する事が出来る。従って本発明をアクティブ・マトリックス液晶表示装置の製造に適用した場合には、大型で高品質な液晶表示装置を容易に且つ安定的に製造する事が出来る。更に他の電子回路の製造に適用した場合にも高品質な電子回路を容易に且つ安定的に製造する事が出来る。

請 求 の 範 囲

1. 基板上に形成された半導体膜を半導体装置の活性領域（半導体装置活性領域）として用いて居る薄膜半導体装置の製造方法に於いて、

5 後に半導体装置活性領域と化す半導体膜（活性半導体膜）部位を局所的に加熱する局所加熱機構を基板上に設ける加熱機構形成工程と、

該加熱機構形成工程後に活性半導体膜を形成する活性半導体膜形成工程と、

該局所加熱機構に依り該活性半導体膜が局所的に過熱された状態にて該活性半導体膜を熔融結晶化させる結晶化工程と、

10 該活性半導体膜を島状に加工して半導体装置活性領域を形成する素子分離工程、
とを含む事を特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

2. 前記半導体装置活性領域の長さを L (μm) とした時に、

15 前記局所加熱機の長さ L_{HS} (μm) よりも該半導体装置活性領域の長さ L (μm) を短く ($L < L_{\text{HS}}$) 加工する事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

3. 前記素子分離工程にて、

20 前記半導体装置活性領域が、長さ方向に関して前記局所加熱機構に含まれる様に該活性半導体膜を加工する事を特徴とする請求項 2 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

4. 前記加熱機構形成工程にて、

25 前記局所加熱機構の長さ L_{HS} (μm) を $7\mu\text{m}$ 程度以下 ($L_{\text{HS}} < 7\mu\text{m}$) に形成する事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

5. 前記素子分離工程にて、

前記半導体装置活性領域の長さ L (μm) を前記局所加熱機の長さ L_{HS} (μm) の半分程度以下 ($L < L_{\text{HS}}/2$) となる様に前記活性半導体膜を加工する

事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

6. 前記素子分離工程にて、

5 前記半導体装置活性領域が、長さを方向に関して前記局所加熱機構に完全に含まれ、且つ該局所加熱機構の長さ方向に関する中心近傍を含まぬ様に該活性半導体膜を加工する事を特徴とする請求項 5 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

7. 前記半導体装置活性領域の幅を W (μm) とした時に、

10 前記素子分離工程にて前記局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm) よりも該活性領域の幅 W (μm) を短く ($W < W_{\text{HS}}$) 加工する事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

8. 前記半導体装置活性領域の幅を W (μm) とした時に、

15 前記素子分離工程にて前記局所加熱機構の幅 W_{HS} (μm) よりも該活性領域の幅 W (μm) を $6\mu\text{m}$ 程度以上短く ($W < W_{\text{HS}} - 6\mu\text{m}$) 加工する事を特徴とする請求項 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

9. 前記素子分離工程にて、

20 前記半導体装置活性領域が、幅方向に関して前記局所加熱機構に含まれる様に該活性半導体膜を加工する事を特徴とする請求項 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

10. 前記素子分離工程にて、

25 前記半導体装置活性領域の長さ方向の辺が前記局所加熱機構の長さ方向の辺より $1.5\mu\text{m}$ 程度以上内側に位置する様に該活性半導体膜を加工する事を特徴とする請求項 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

11. 前記加熱機構形成工程が

基板上に第一半導体膜を堆積する第一半導体膜堆積工程と、

該第一半導体膜を所定の形状に加工する第一半導体膜加工工程と、
該第一半導体膜上に下側絶縁膜を形成する下側絶縁膜形成工程、
とから成る事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

- 5 1 2. 前記第一半導体膜の厚みが 2 5 n m 程度以上 1 0 0 n m 程度以下である事を特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

1 3. 前記第一半導体膜の厚みが 3 0 n m 程度以上 7 0 n m 程度以下である事を特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

10

1 4. 前記第一半導体膜が硅素を主体とした半導体膜である事を特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

15

1 5. 前記下側絶縁膜の厚みが 1 3 0 n m 程度以上 1 8 0 n m 程度以下である事を特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

1 6. 前記活性半導体膜形成工程が
非晶質半導体膜を堆積する非晶質半導体膜堆積工程を含む事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

20

1 7. 前記活性半導体膜形成工程が
非晶質半導体膜を堆積する非晶質半導体膜堆積工程と、
該非晶質半導体膜の結晶性を高める半導体膜改質工程、
とを含む事を特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

25

1 8. 前記半導体膜改質工程が前記非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程を含む事を特徴とする請求項 1 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

1 9. 前記半導体膜改質工程が前記非晶質半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改

善する熔融結晶性改善工程を含む事の特徴とする請求項 1 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

2 0. 前記半導体膜改質工程が

- 5 前記非晶質半導体膜を固相にて結晶化させる固相成長工程と、
該固相成長した半導体膜を熔融状態を経て結晶性を改善する熔融結晶性改善工程、
とを含む事の特徴とする請求項 1 7 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

- 10 2 1. 前記活性半導体膜の厚みが 3 0 n m 程度以上 7 0 n m 程度以下である事の特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

2 2. 前記活性半導体膜が硅素を主体とした半導体膜である事の特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

15

2 3. 前記結晶化工程が前記活性半導体膜側から、多結晶硅素膜での吸収係数が $2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-1} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下である光を照射して活性半導体膜の熔融結晶化を進める事の特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

20

2 4. 前記結晶化工程が前記活性半導体膜側から、多結晶硅素膜での吸収係数が $1 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$ 程度以上 $1 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ 程度以下である光を照射して活性半導体膜の熔融結晶化を進める事の特徴とする請求項 1 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

25

2 5. 前記活性半導体膜の厚みを x (n m) とし、前記結晶化工程にて照射される光の多結晶硅素膜での吸収係数を μ_{p-si} (nm^{-1}) とした時に、

該厚み x (n m) と該吸収係数 μ_{p-si} (nm^{-1}) とが

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 1.609$$

との関係を満たす事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

2 6. 前記活性半導体膜の厚みを x (nm) とし、前記結晶化工程にて照射される光の多結晶硅素膜での吸収係数を μ_{p-si} (nm⁻¹) とした時に、

5 該厚み x (nm) と該吸収係数 μ_{p-si} (nm⁻¹) とが

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.693$$

との関係を満たす事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

2 7. 前記活性半導体膜の厚みを x (nm) とし、前記結晶化工程にて照射される光のに於ける多結晶硅素膜での吸収係数を μ_{p-si} (nm⁻¹) とした時に、

10 該厚み x (nm) と該吸収係数 μ_{p-si} (nm⁻¹) とが

$$0.105 < x \times \mu_{p-si} < 0.405$$

との関係を満たす事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

15 2 8. 前記結晶化工程にて照射される光がレーザー光である事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

2 9. 前記結晶化工程にて照射される光がパルスレーザー光である事の特徴とする請求項 2 8 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

20

3 0. 前記パルスレーザー光が Q スイッチ発振する固体レーザーの高調波である事の特徴とする請求項 2 9 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

3 1. 前記結晶化工程にて照射される光の波長が 370 nm 程度以上 710 nm 程度以下である事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

25

3 2. 前記結晶化工程にて照射される光の波長が 450 nm 程度以上 650 nm 程度以下である事の特徴とする請求項 2 3 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

33. 前記結晶化工程にて照射される光の波長が約532nmである事を特徴とする請求項23記載の薄膜半導体装置の製造方法。

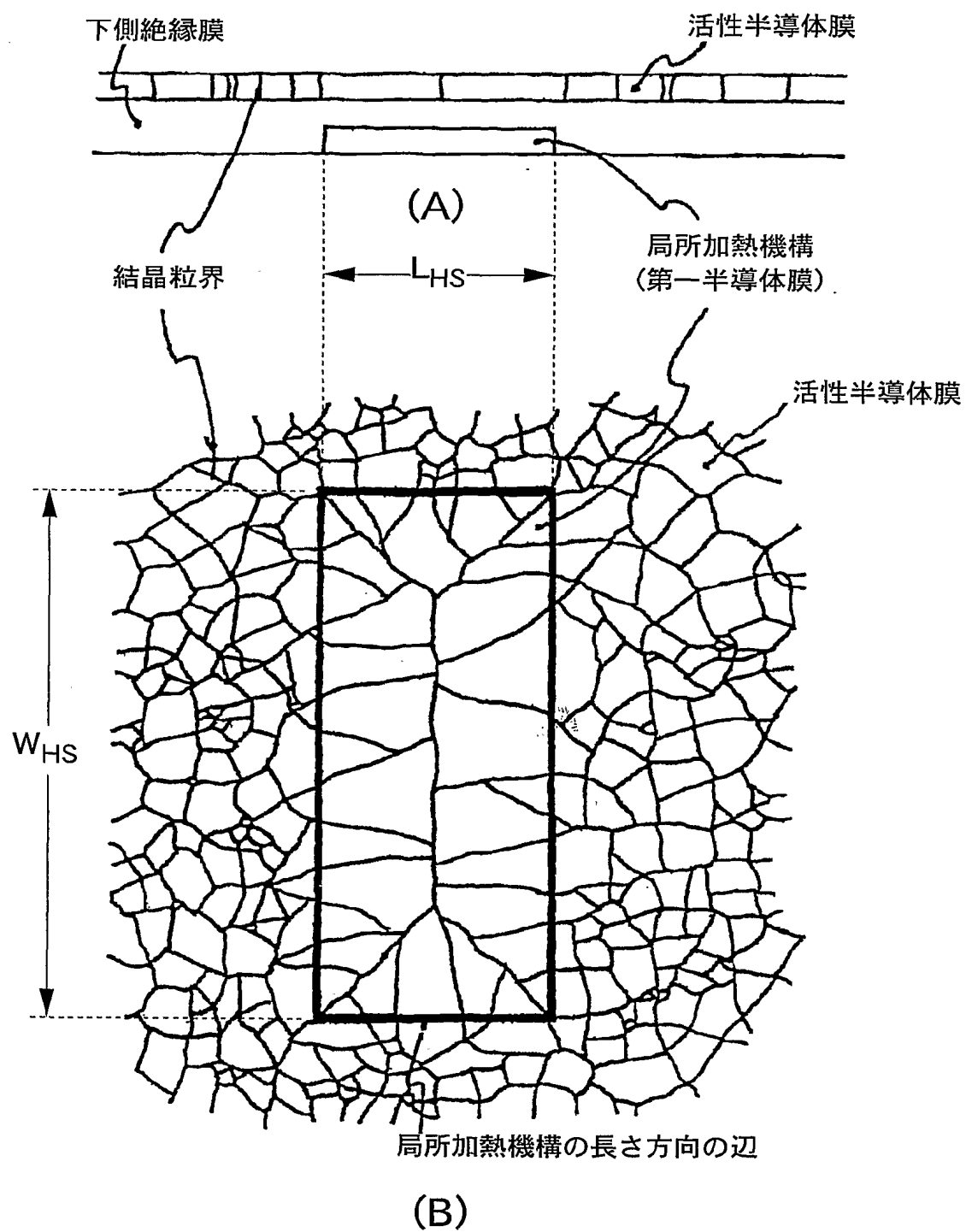
5 34. 前記パルスレーザー光がNdイオンドープされた結晶をレーザー媒体としたQスイッチ発振固体レーザーの高調波である事を特徴とする請求項29記載の薄膜半導体装置の製造方法。

35. 前記パルスレーザー光がQスイッチ発振するNd:YAGレーザー光の第二高調波である事を特徴とする請求項29記載の薄膜半導体装置の製造方法。

10

36. 前記パルスレーザー光がQスイッチ発振するNd:YVO₄レーザー光の第二高調波である事を特徴とする請求項29記載の薄膜半導体装置の製造方法。

図 1



2/11

図 2

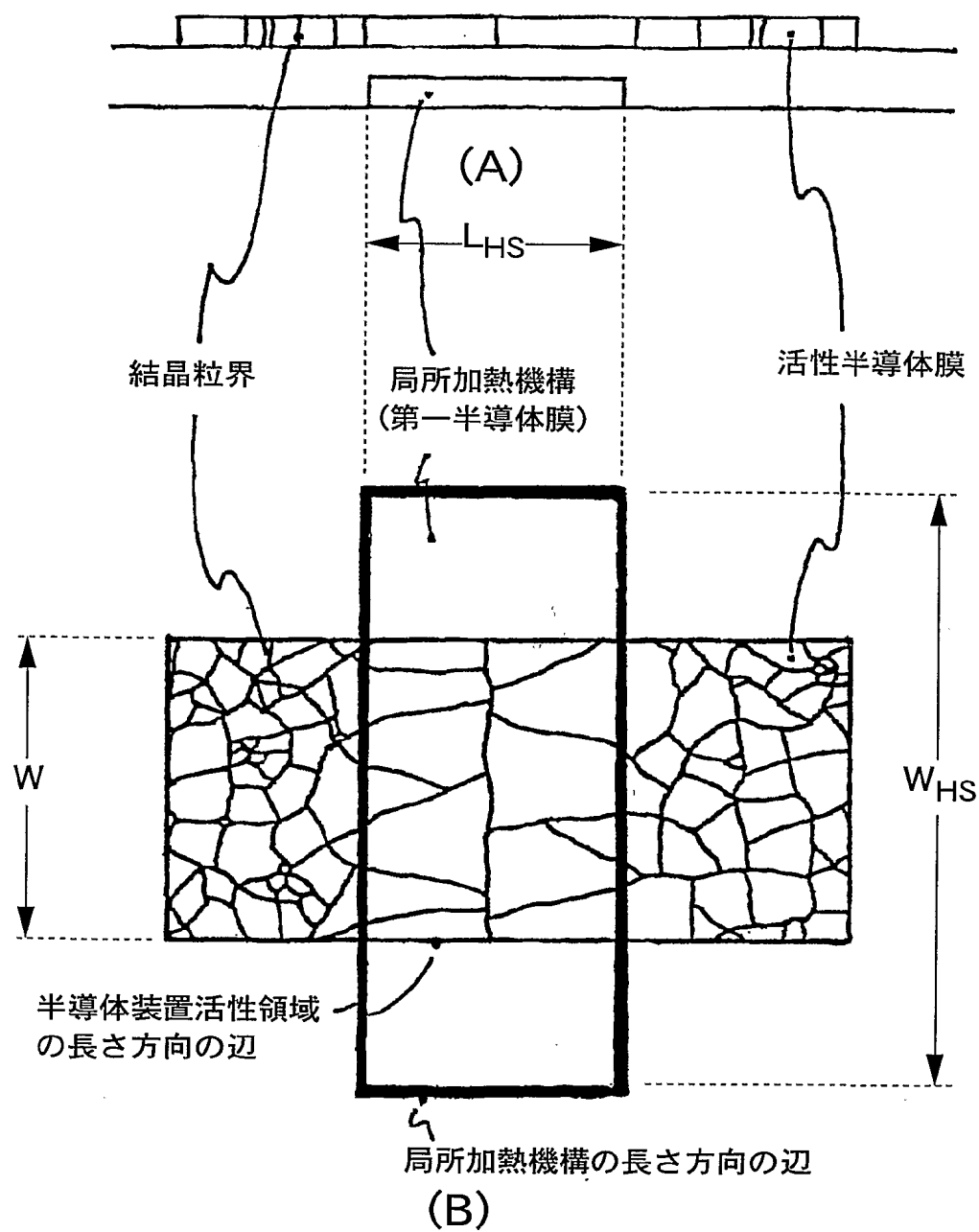
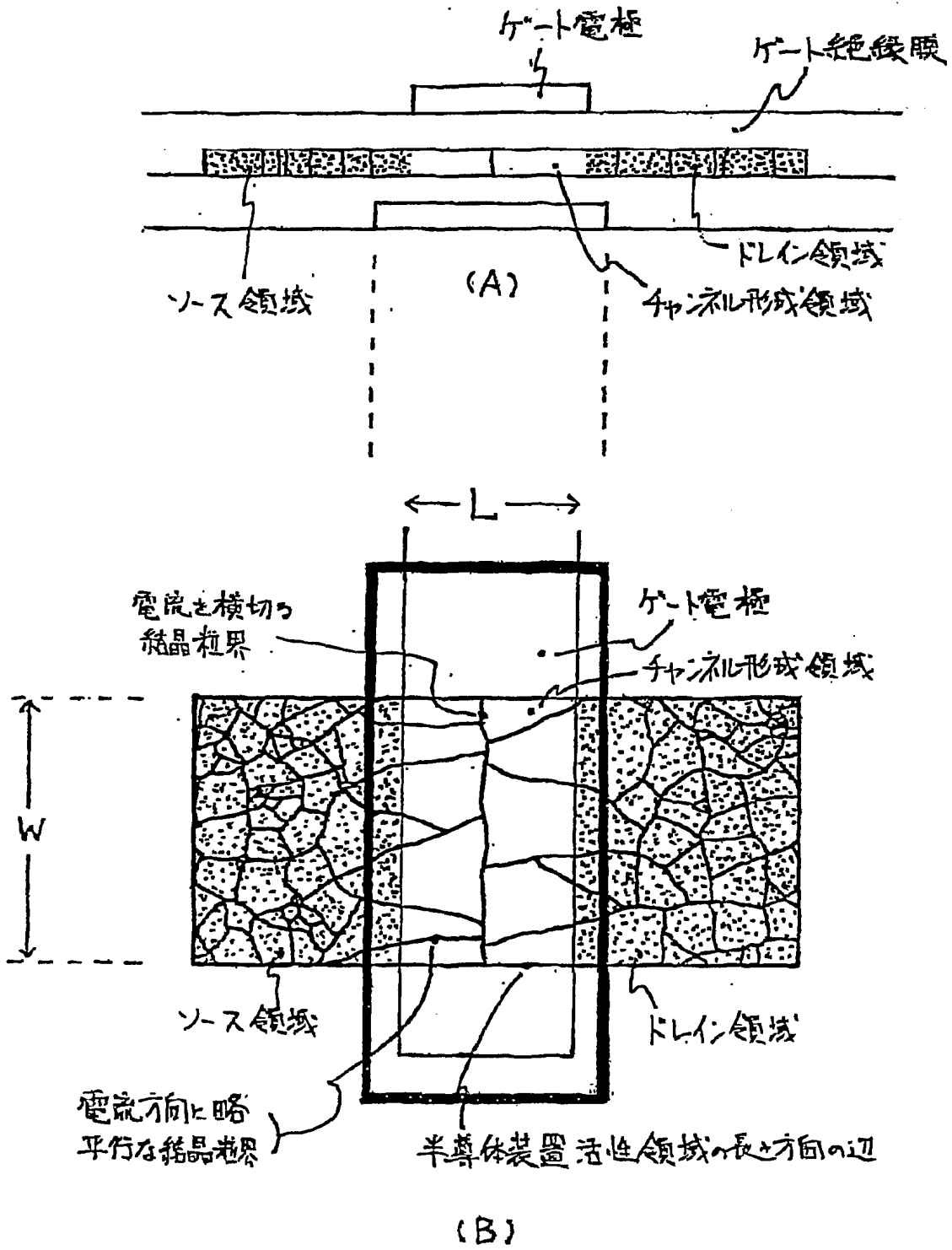
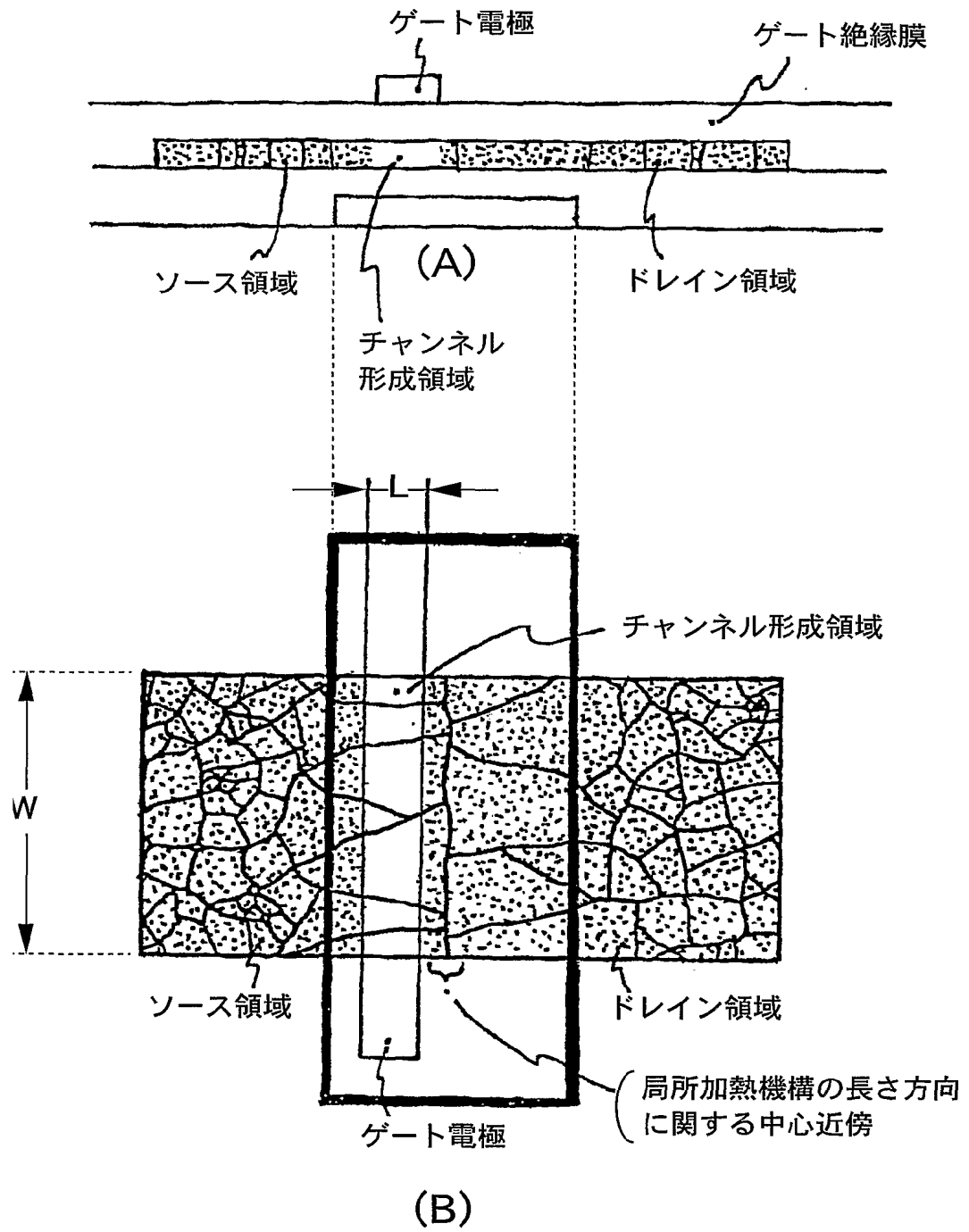


図 3



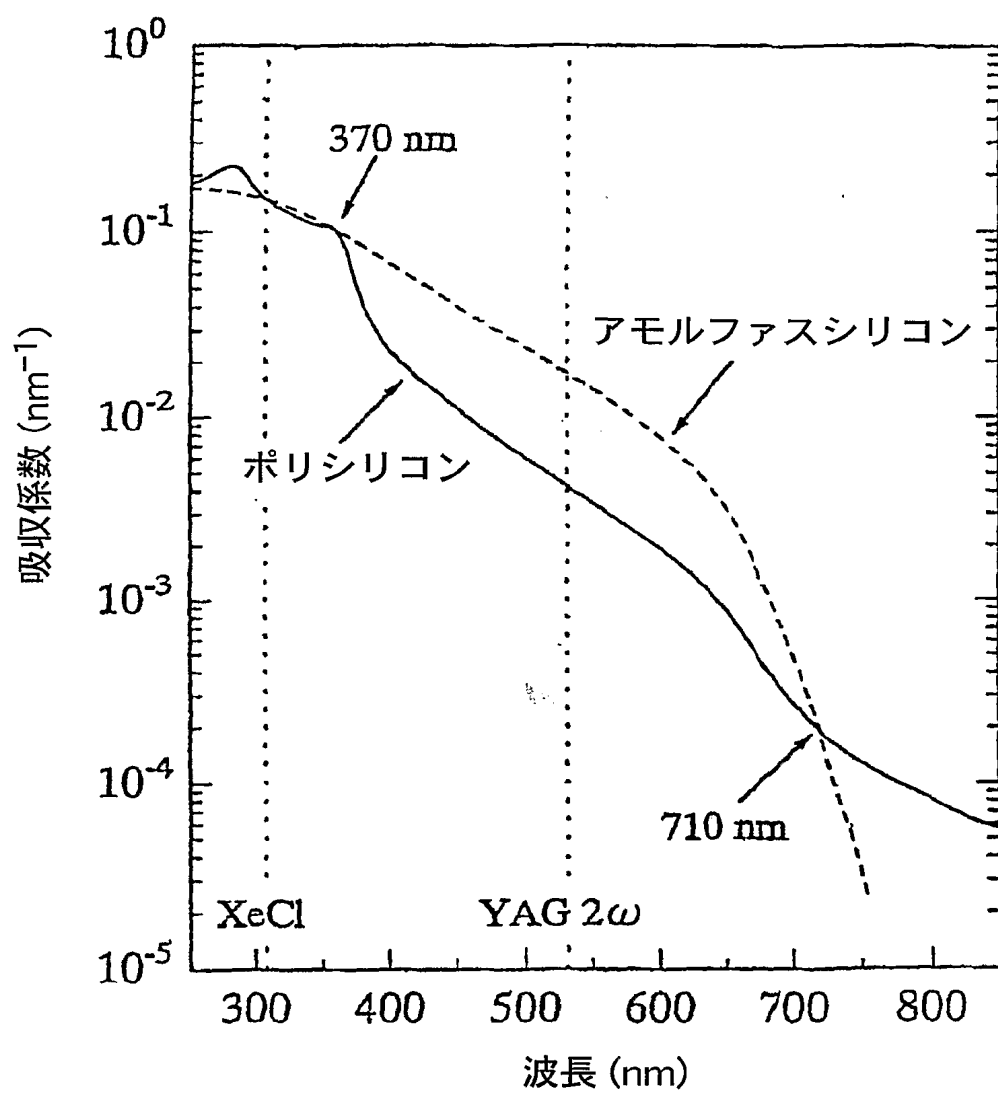
4/11

図 4



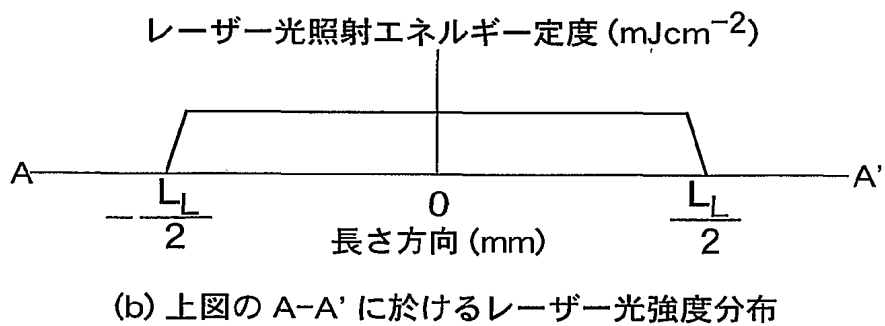
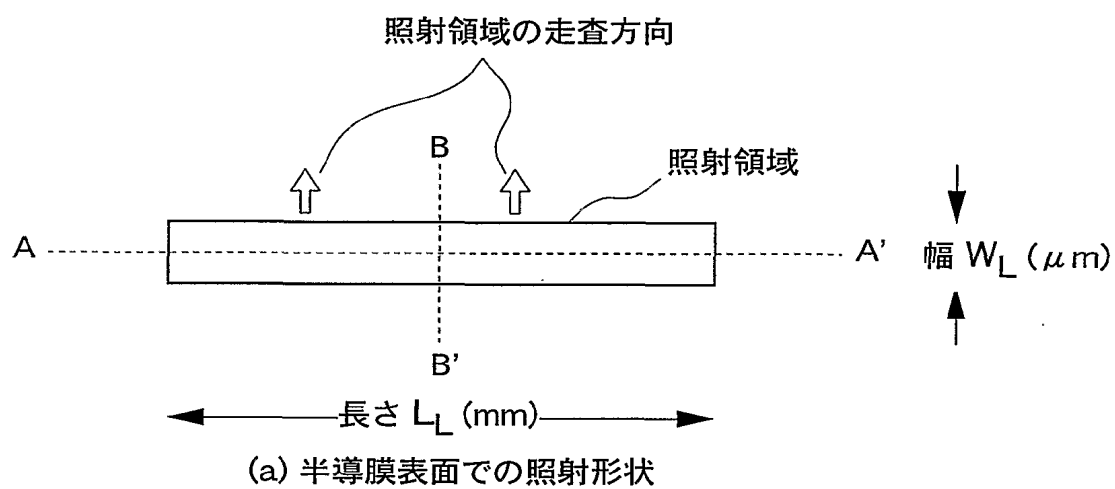
5/11

図 5



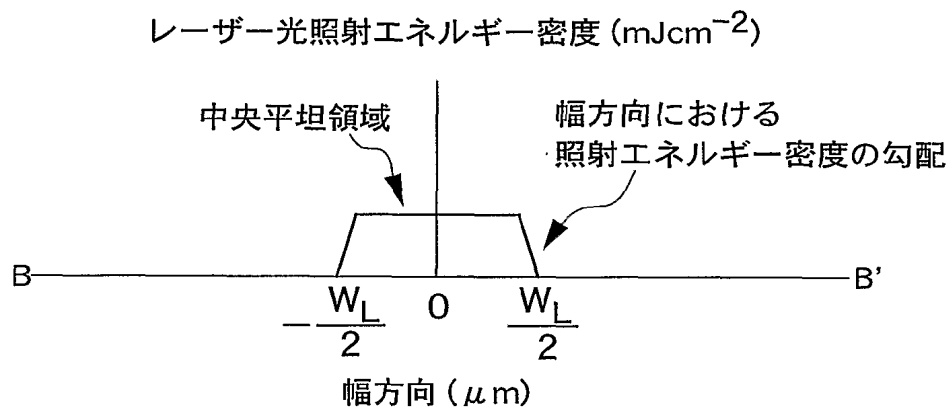
6/11

図 6

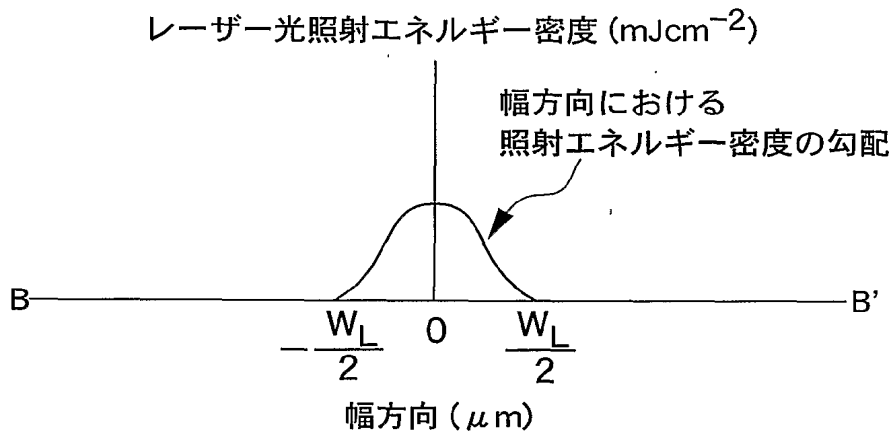


7/11

図 7

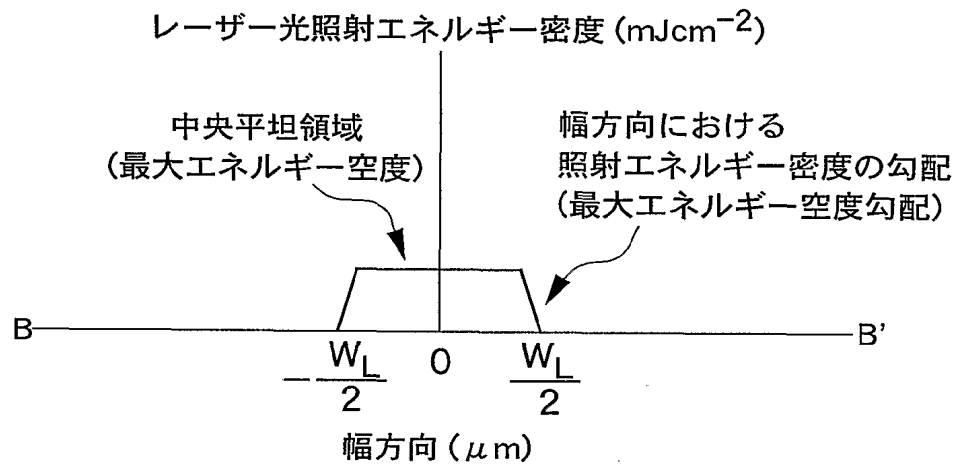


(a) 図 6 の B-B' に於ける台形形レーザー光強度分布

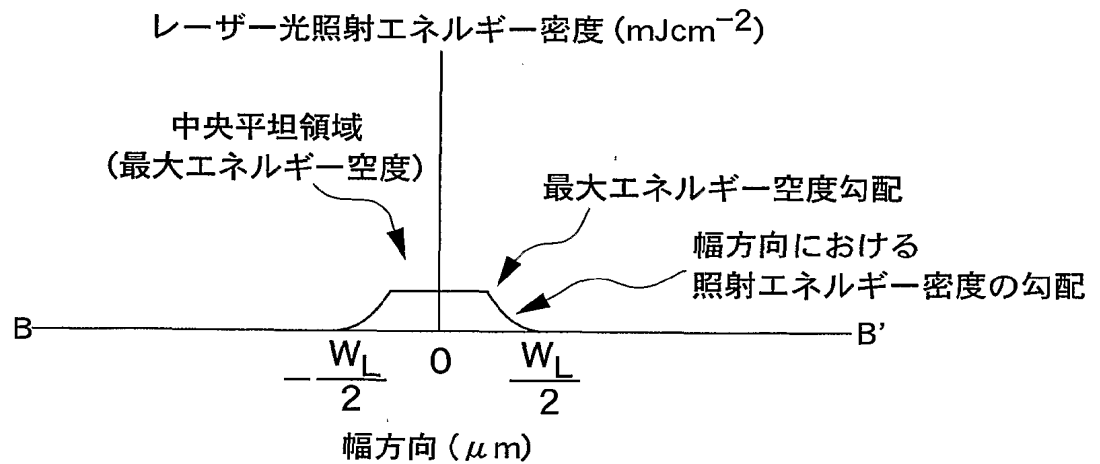


(a) 図 6 の B-B' に於けるガウス関数形レーザー光強度分布

図 8

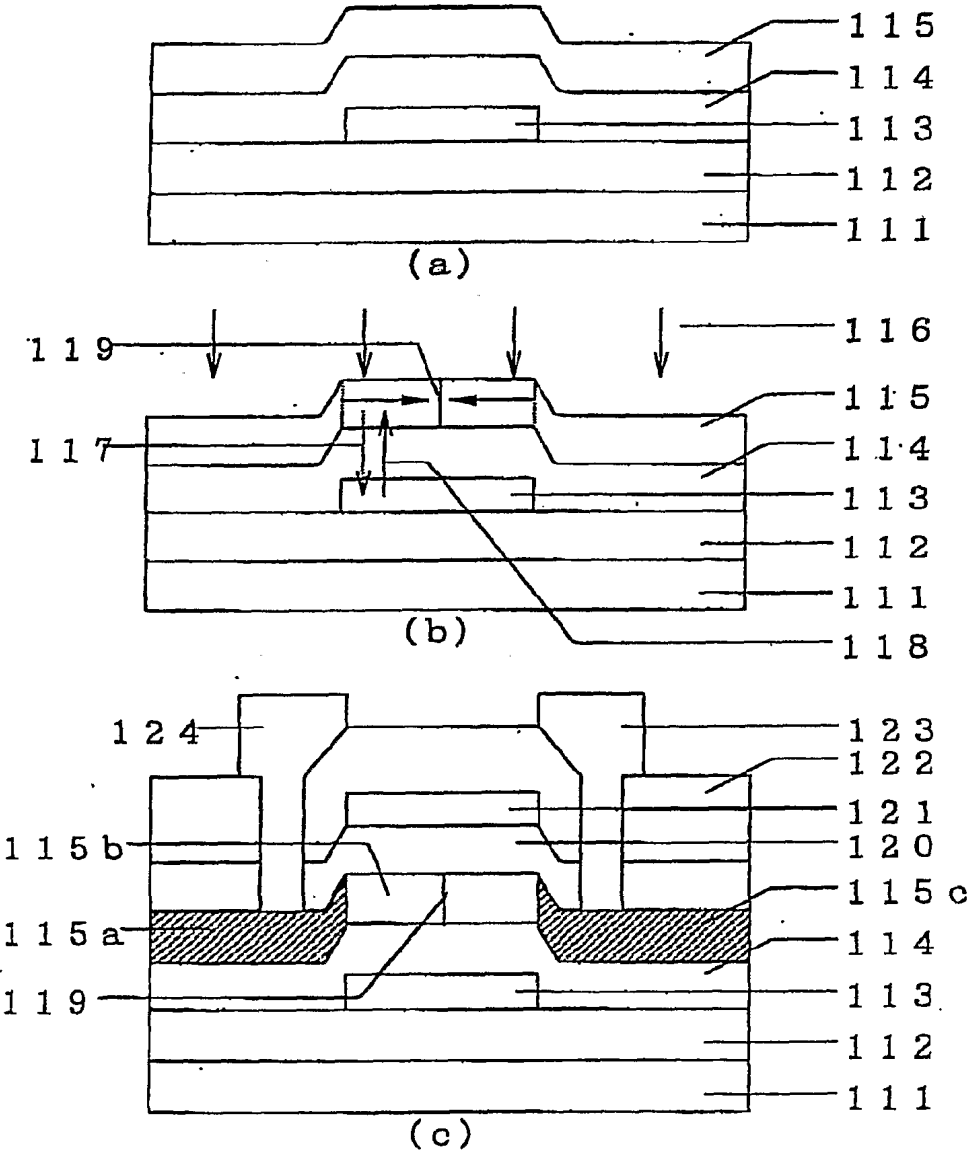


(a) 図 6 の B-B' に於ける台形形レーザー光強度分布



(b) 図 6 の B-B' に於ける富士山関数形レーザー光強度分布

図 9



10/11

図 1 0

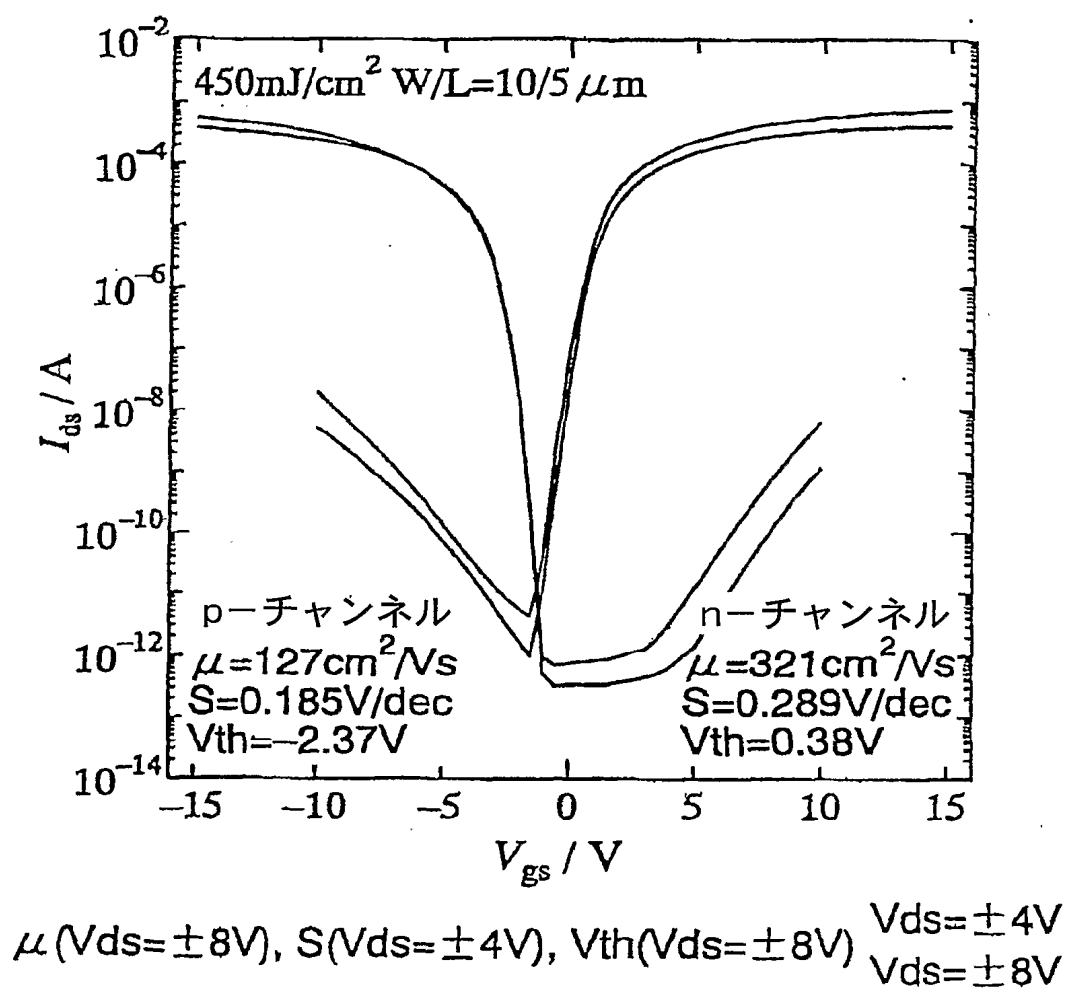
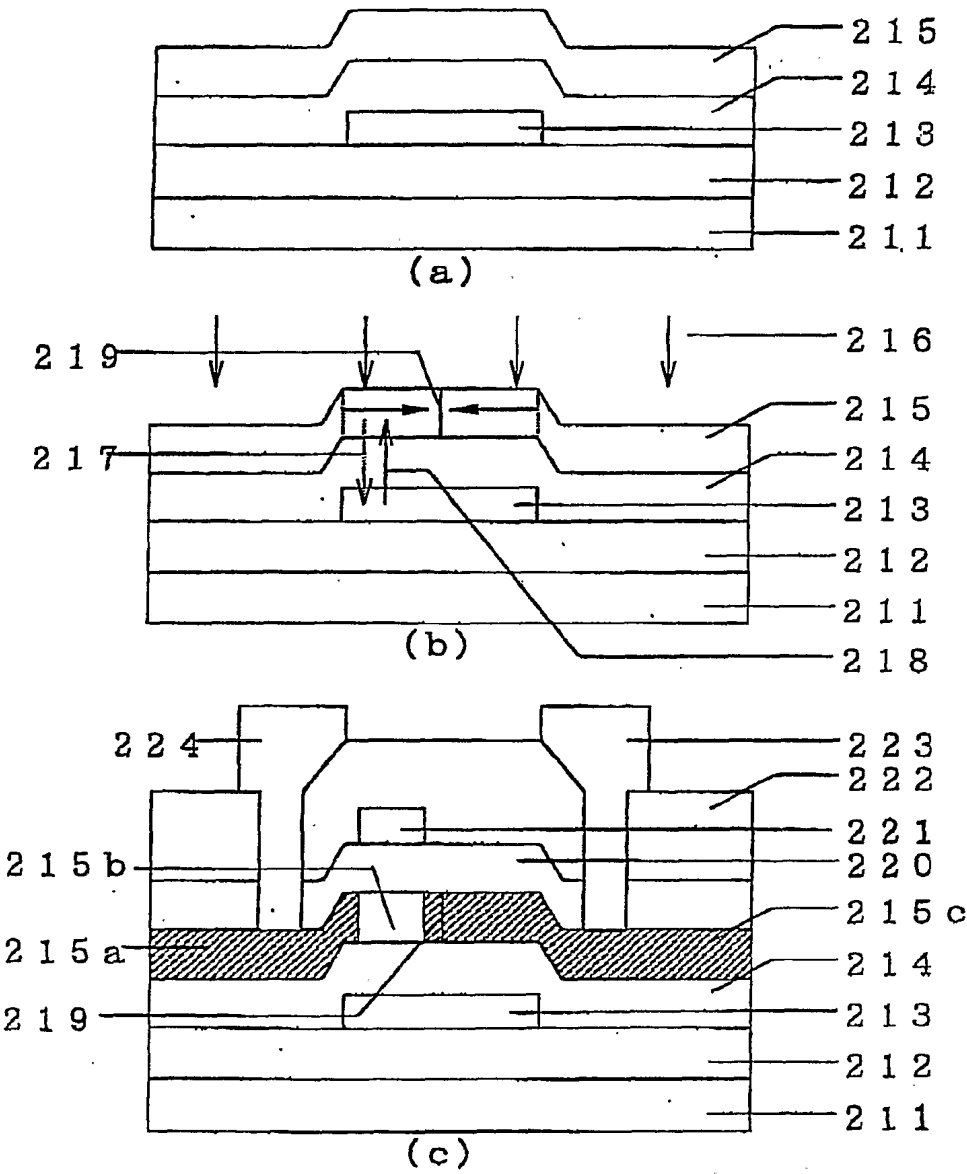


図 1 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/04943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-150202 A (Sharp Corporation), 02 June, 1998 (02.06.98), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-36
A	JP 3-286519 A (Seiko Epson Corporation), 17 December, 1991 (17.12.91), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-36

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
04 September, 2001 (04.09.01)Date of mailing of the international search report
11 September, 2001 (11.09.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/20

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2001年
日本国登録実用新案公報 1994-2001年
日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-150202 A (シャープ株式会社) 2. 6月. 1998 (02. 06. 98), 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 3-286519 A (セイコーエプソン株式会社) 17. 12月. 1991 (17. 12. 91), 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-36

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
04. 09. 01

国際調査報告の発送日
11.09.01

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
宮崎園子



4 L 9277

電話番号 03-3581-1101 内線 3498